ENCICLOPEDIA VISUAL

Argentina 13 500 $ | 1

SALVAT

Hombre y técnica · El mundo viviente · La tierra · Cultura · Ciencia y universo · Hombre y sociedad · Historia · El mundo moderno



ENCICLOPEDIA VISUAL SALVAT

Volumen I – Fascículo I

Director:
Juan Salvat

Director editorial:
Joaquín Navarro

Secretario de redacción:
Carlos Gómez

Colaboran en este volumen:
Rita Arola
Antonio de Diego
José M.ª Folquet
Ignacio Gallego
José Ollé
José Luis Sánchez
Asunción Vilella

Publicado por:
Salvat Editores, S.A.
Mallorca, 41-49. Barcelona (España)

Impresión:
Gráficas Estella, S. A.
Estella (Navarra)-1981
D.L. NA-1159-1981
ISBN: 84.345.6049.6
Printed in Spain

Argentina:
Salvat Editores Argentina, S.A.
Corrientes 2777 - BUENOS AIRES
Distribuidor para la Capital Federal
y el GRAN BUENOS AIRES:
Distribuidora RUBBO. Garay, 4226
Distribuidor para el interior:
Distribuidora SADYE, S.A., Belgrano 355

Colombia:
Salvat Editores Colombiana, S.A.
Carrera 10, n.° 19-65, 4.° piso
Edificio Camacol - Apartado aéreo 65-52
BOGOTA

Chile:
Salvat Editores Chilena, Ltda.
Providencia, 2008 Dpto. A
SANTIAGO DE CHILE

Ecuador:
Salvat Editores Ecuatoriana, S.A.
Carondelet 280 y 10 de agosto
Casilla 2957 - QUITO

México:
Salvat Mexicana de Ediciones, S.A. de C.V.
Mariano Escobedo 438 - MEXICO 5 D.F.

Puerto Rico:
Salvat de Ediciones de PR INC.
G P O Box 4846
San Juan, PUERTO RICO 00936

Venezuela:
Salvat Editores Venezolana, S.A.
Gran Avenida - Edificio Arauca - CARACAS

La ENCICLOPEDIA VISUAL SALVAT se publica en forma de 140 fascículos de aparición semanal. Cada fascículo consta de 16 páginas interiores, encuadernables, y 4 de cubiertas.
Con el último fascículo que completa cada uno de los 8 volúmenes que componen la obra, se pondrán a la venta las tapas especiales diseñadas para la encuadernación del volumen. Además, reuniendo las dos últimas páginas de las cubiertas de los fascículos, se obtendrá una interesante colección encuadernable, titulada "Maravillas del mundo".

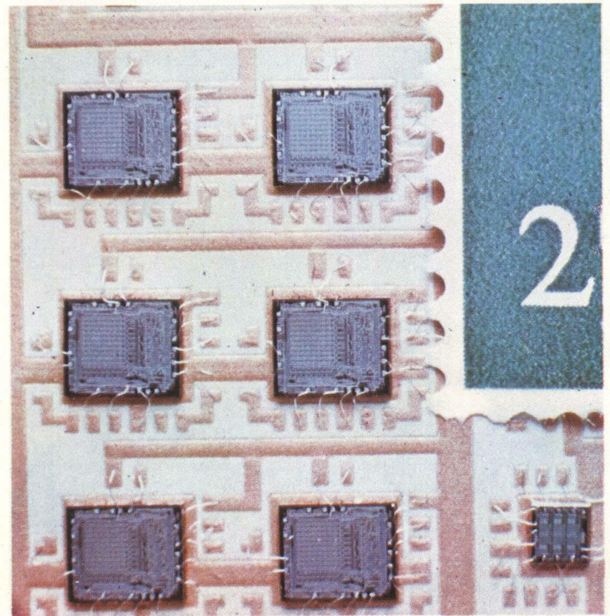
Hombre y Técnica

Sir John Callard

ex presidente de Imperial Chemical Industries Limited

La ciencia se preocupa por la exploración de la naturaleza, por la comprensión de los fenómenos naturales y por la constante extensión del conocimiento de cuanto ocurre a nuestro alrededor. Pero es la aplicación de los conocimientos adquiridos con esas exploraciones lo que permite que nuestra vida diaria pueda llegar a beneficiarse de una manera práctica.

La ciencia pura sólo puede utilizarse de manera provechosa cuando es aplicada de modo inteligente y productivo. La tecnología es la aplicación sistemática de diversas ramas del conocimiento a usos prácticos. Algunos tipos de tecnología —como, por ejemplo, la relacionada con el diseño y construcción de aviones supersónicos— se han desarrollado a partir de la aplicación, muy bien estructurada, de hallazgos efectuados por especialistas de muchas disciplinas distintas e incluso a partir de la aplicación de conocimientos no científicos; los tecnólogos consideran que su trabajo es un reto constante a su ingenio y su capacidad de organización. Puede ocurrir que la realización práctica de algún objetivo tecnológico fracase por la limitación de los conocimientos en una rama de la ciencia, lo cual a su vez puede estimular al científico puro a que, por nuevas investigaciones y experimentos, amplíe las fronteras del conocimiento en ese campo y haga así posible su realización práctica de manera económica. Las primitivas máquinas de vapor eran muy imperfectas, porque no se comprendía bien el principio en el que se basaban y porque los materiales de que disponían los metalúrgicos eran limitados. La capacidad de los ingenieros tuvo que pasar en unos pocos años de la relativa tosquedad del herrero a la precisión del diseñador de instrumentos.



Más pequeños que un sello de correos, estos circuitos integrados constituyen la memoria de un computador.

Los descubrimientos científicos hacen posible un avance constante de las ciencias aplicadas, causa de cambios continuos y de una perfección cada vez mayor de la tecnología. Y a la inversa: los problemas con que se encuentra el tecnólogo al aplicar la información científica disponible estimulan, retan y guían constantemente al científico. Por consiguiente, al descubrir las limitaciones en la aplicación de los conocimientos científicos y al mostrar cuáles son los campos en que hay que aumentarlos para que avance la tecnología, el tecnólogo ayuda al científico en la organización de nuevas investigaciones. Por ejemplo, el principio del transistor se conocía ya bastantes años antes de que se fabricasen semiconductores lo suficientemente puros para hacer que la idea se convirtiera en realidad.

En muchas aplicaciones de la ciencia, lo puro y lo aplicado caminan al unísono, ayudándose mutuamente en el desarrollo de sus posibilidades. De modo similar, cuando una ciencia pasa por un período de rápido avance, el resto de los científicos puros reciben gran estímulo para avanzar en sus propios campos. Así ocurrió, por ejemplo, cuando, tras una época de relativo estancamiento, surgió la nueva rama del saber conocida como *física atómica:* el hombre conoció entonces las posibilidades de la fisión y la fusión, así como las consecuencias de realizarlas de manera controlada.

Las fronteras de la ciencia están en constante expansión, y los tecnólogos se enfrentan continuamente con el reto de dar uso práctico a esos nuevos conocimientos. Un mundo cuya población aumenta rápidamente necesita que la producción de alimentos crezca al mismo ritmo. Esta necesidad fundamental no sólo estimula al agricultor a mejorar su eficiencia e incrementar la producción. Además impulsa al botánico en la selección y mejora de las semillas de cereales o de forrajes, a fin de obtener cosechas más abundantes. Esa misma necesidad estimula al agrónomo para que desarrolle métodos de cultivo adecuados a una zona determinada, al biólogo para que consiga especies animales más rentables en la producción de alimentos, al químico para que descubra productos que acaben con las plagas de insectos y bacterias sobre los cultivos o para que sintetice proteínas a partir de minerales y, por fin, al ingeniero para que desarrolle máquinas que simplifiquen el trabajo agrícola o mejoren los regadíos. El instinto de conservación del hombre —a veces, paradójicamente, a expensas de sus hermanos— y su deseo de dominar cuanto le rodea son, tal vez, los mayores estímulos para los inventos y los avances tecnológicos.

Los tecnólogos actuales pueden aplicar sus conocimientos a resolver algunos problemas de los países en vías de desarrollo. Los materiales y la fuerza de trabajo locales se pueden aprovechar para satisfacer algunas de las necesidades más urgentes, como, por ejemplo, mejorar las carreteras, las viviendas, la alimentación, el suministro de aguas y el alcantarillado, con lo que se facilitarían las comunicaciones y se elevaría el nivel de vida y de salud de la población.

El crecimiento de la tecnología

La tecnología primitiva surgió impulsada por la necesidad de sobrevivir. Los hombres de la Edad de Piedra hicieron poco que pueda calificarse de conquista de su medio ambiente, pero tenían que llenar sus estómagos, y por ello debieron estudiar los cambios del clima, las estaciones y los suelos, así como sus consecuencias en la disponibilidad de alimentos. Como eran sensibles al frío, aprovechaban las cuevas, improvisaban refugios y encendían hogueras. El sistema de encender el fuego frotando dos pedazos de madera pudo tener su origen en la observación de ramas secas frotadas por el viento. Desde época muy temprana, tanto la creación de fricciones como su reducción fue un estímulo importante, sobre todo para el transporte. Los sistemas de transporte se desarrollaron gracias a una serie de observaciones sencillas: advirtieron que es más fácil arrastrar un bulto que llevarlo a cuestas, observaron que en terreno llano el arrastre es más cómodo si la carga se coloca sobre unas ramas, observaron que hay cosas que se deslizan con más facilidad que otras sobre una superficie determinada; y observaron también que, si debajo de la carga se colocan rodillos, la fuerza requerida para su transporte se reduce todavía más. Del deslizamiento —hay representaciones de hombres con esquíes en las paredes de cuevas de la Edad de Piedra— se pasó a los rodillos y de éstos a la rueda, que es tal vez el invento más importante del Neolítico; luego se pasó al carro y al empleo de un animal para arrastrarlo, y la secuencia continuó hasta el caballo de vapor.

Encender fuego, controlarlo, apagarlo echándole agua y advertir que el calor que proporciona es capaz de cambiar la forma de las cosas naturales —puede fundirlas— eran observaciones necesarias para conseguir herramientas y armas que no fueran de piedra, y éstas permitieron al hombre incrementar su dominio sobre su entorno natural. El desarrollo de la metalurgia tuvo gran importancia para consolidar la conquista de su medio ambiente y constituyó, quizás, el alba del lado material de la civilización tal como hoy la conocemos.

La necesidad humana de alimentos, que llevó a la domesticación de la naturaleza, tanto de los animales como de los vegetales, fue otro acicate más para la aplicación de observaciones sencillas: observaron que plantar semillas seleccionadas en lugares escogidos podía incrementar la provisión de alimentos y simplificar su recolección; y observaron también que reunir los animales en rebaños aumentaba la utilidad de éstos para el hombre. El pastoreo, nómada por naturaleza, exigía nuevos asentamientos, aunque fueran temporales, y despertó en el hombre nuevas exigencias. Una vez satisfecha la necesidad de alimentos, quedaba más tiempo libre para comerciar con los excedentes y desarrollar nuevos oficios y técnicas.

Todos los materiales, máquinas, sistemas de comunicación y productos manufacturados que disfrutamos en la actualidad son el resultado de milenios de experimentos e invenciones. Los materiales modernos están a nuestra disposición porque la necesidad de conseguir mejores rendimientos se inició ya con los utensilios y las armas de piedra o de hueso, pasó del cobre al bronce y al hierro, y condujo al desarrollo de la fundición, las aleaciones, el vaciado, la forja y la fabricación de acero.

Y así se desarrollaron diversas corrientes:

—Del empleo de piedras recogidas al azar, pasando por los adobes y los ladrillos, a los materiales fundidos y el vidrio; de toscas cerámicas de arcilla (¿fue el torno de alfarero la primera máquina?) a la loza, la porcelana y los modernos materiales cerámicos.

—De las pieles y los pelos a la lana, a la rueca y el hilo, a las telas tejidas, a la lanzadera y el telar, y a una variedad de tejidos casi infinita.

—De la energía eólica, recogida por la vela, a la hidráulica; del calor al vapor, a la máquina de vapor y la turbina; de las aplicaciones del magnetismo a la generación de electricidad y el motor eléctrico; y una sucesión ininterrumpida de aparatos eléctricos ha conducido a la electrónica, los computadores, los mecanismos de control y la automación.

—De la extracción de piedra y minerales a cielo abierto a la minería, a la perforación de pozos de petróleo a profundidades de 1.000 m, al refino del petróleo y los sistemas para aprovecharlo, hasta el motor de combustión interna.

—De la canoa monóxila y la balsa al empleo de la vela, a los barcos de madera, a los buques de vapor, a los petroleros de cientos de miles de toneladas; del globo al aeroplano, al avión supersónico y al vuelo por control remoto.

—Del tambor y las señales de humo a la lámpara de señales, al teléfono y al telégrafo; de la radio y la televisión al radar.

El catálogo de las conquistas de la ciencia aplicada es interminable cualquiera que sea el campo particular que consideremos. Y también puede ser de larguísima duración.

Importancia para el futuro

Es innegable que los recursos físicos del mundo son limitados y que las reservas de las materias primas necesarias para usos industriales disminuyen. Por otra parte, es fácil predecir que la demanda de productos industriales, decisivos para el nivel de vida, seguirá aumentando. A pesar de que quienes viven en países industrializados disponen de los productos más refinados, en los países en vías de desarrollo hay cientos de millones de personas que han tenido muy pocas opor-



Diversión sin esfuerzo: la tecnología permite presentar a un actor de celuloide ante un público sobre ruedas.

tunidades de disfrutar de sus ventajas o incluso de verlos. Además, la población del mundo aumenta rápidamente, y la demanda potencial de los productos tenderá a crecer todavía más. Es probable que las crecientes necesidades humanas de alimentos, calefacción, cobijo, vestido y sanidad sigan siendo el principal estímulo básico y que los esfuerzos de los científicos, puros y aplicados, sigan orientándose sobre todo a la satisfacción de tales necesidades. La demanda cada vez mayor de bienes y servicios, así como la necesidad de protección contra el frío, harán que aumenten los requerimientos de energía y de materias primas.

A medida que van agotándose las reservas conocidas de recursos minerales, se intensifica la búsqueda de nuevas fuentes y el hombre se verá obligado a explorar zonas menos accesibles, que pueden encontrarse a grandes profundidades bajo la superficie de la tierra o bien debajo de los mares. Tranquiliza un poco pensar que todavía quedan vastas extensiones de la superficie terrestre que no han sido exploradas a fondo en términos geológicos y que el agua ocupa dos tercios de la superficie de la Tierra, zonas que apenas han empezado a ser exploradas. Pero el hallazgo y la explotación de nuevas fuentes de hierro, carbón, petróleo, cobre, estaño y otros minerales requerirán el perfeccionamiento de las actuales tecnologías para que permitan la extracción de minerales de debajo de los mares, lo que podría exigir la creación de alojamientos submarinos tanto para hombres como para maquinaria. Mientras tanto, otras tecnologías siguen ideando materiales hechos por el hombre como sustitutos de productos naturales de los que hay escasez.

La necesidad de alimentos para abastecer a una población mayor cada día estimulará el avance de las técnicas agronómicas. Es probable que, aparte de la puesta en cultivo de más tierras (realizada con ayuda de nuevas técnicas de regadío y de cultivo, que aumentarán la frecuencia y la producción de las cosechas), se dé gran importancia a los procedimientos químicos, botánicos y biológicos que aumenten la velocidad de crecimiento y reduzcan los riesgos de epidemias en plantas y animales. Pueden idearse nuevos métodos de recolección y de incrementar al máximo la ya gran capacidad del mar para producir alimentos; y aumentará la producción de proteínas por medio de síntesis químicas.

La imperiosa necesidad de energía impulsará nuevas técnicas para obtenerla por medios distintos de la combustión de combustibles fósiles. Las posibilidades que ofrecen las fuentes nucleares parecen ilimitadas. La energía solar es claramente aprovechable, tanto directa (por la absorción del calor) como indirectamente (por el movimiento de las olas del mar), si se logra resolver algunos problemas de índole económica.

El deseo de salud y alivio de los sufrimientos, innato en todos los hombres, será causa de continuos esfuerzos en los campos médico y farmacéutico. La quimioterapia se encuentra todavía en su infancia, y la ciencia médica —tanto curativa como preventiva— avanza con rapidez. Mejores técnicas quirúrgicas y un mayor uso de los trasplantes podrán en un futuro próximo contribuir a alcanzar una considerable mayor longevidad.

Algunos adelantos de la tecnología moderna han dejado una estela de inconvenientes, entre ellos la alteración de la vida comunitaria, el ruido y la contaminación. Las máquinas de las fábricas, los vehículos y los reactores hacen ruido, en ocasiones tan intenso que constituye un riesgo para la salud. Los diseñadores se esfuerzan por reducir esa producción de ruidos sin disminuir la eficacia de las máquinas. Los desechos químicos y nucleares —procedentes de fábricas o de vehículos— son otro riesgo potencial para la salud y una amenaza para la supervivencia de algunas formas de vida animal. Pero los tecnólogos pueden idear procedimientos para reducir, e incluso eliminar, tales formas de contaminación. Por ejemplo, se añade un compuesto de plomo (un contaminante en potencia) a la gasolina para mejorar su octanaje en los motores de explosión. Se puede eliminar el plomo y obtener una gasolina de excelente calidad, pero también más cara; pero sólo será utilizada si los automovilistas están dispuestos así mismo a pagar más por su combustible.

A pesar de que el impulso proporcionado por las crecientes necesidades materiales de una población cada día mayor seguirá siendo el principal acicate para los avances tecnológicos, también son inherentes a la naturaleza humana la curiosidad, el deseo de comprender y de aumentar sus conocimientos. Ya se han realizado grandes viajes de exploración espacial y se han traído a la Tierra muestras de la superficie lunar. Se han conseguido pruebas fotográficas sobre la constitución del suelo y sobre la atmósfera de cuerpos celestes más distantes, gracias a mejoras en el transporte y el control y a técnicas fotográficas insospechadas hace sólo una generación. El ansia de saber más seguirá siendo intensa, y las técnicas seguirán creciendo constantemente en extensión y complejidad.

Es posible que el hombre aprenda a organizarlas de tal manera que llegue a descubrir si la Tierra sobre la cual vive es el único astro, entre los millones que hay en el Universo, capaz de tener vida en la forma que conocemos. Naves espaciales mandadas a distancia han hecho ya experimentos científicos en la inhóspita superficie de Marte, y se han enviado ya sondas espaciales que "volarán" más allá de los planetas exteriores, hasta los límites del sistema solar. Seguramente, el hombre y sus máquinas viajarán algún día fuera de la Vía Láctea y llegarán a otras galaxias.



Un palacio para la energía: sala de generadores de una estación hidroeléctrica.

Tipos básicos de motores

Las máquinas térmicas convierten energía térmica en energía mecánica. La energía térmica procede generalmente de la combustión de un combustible: gas-oil, gasolina, gas o carbón. Y el trabajo producido puede utilizarse para mover otras máquinas, generar electricidad, bombear agua o propulsar vehículos: coches, locomotoras, barcos, aviones, etc.

Las leyes que regulan la conversión de calor en trabajo se descubrieron al experimentar con las primeras máquinas térmicas. Después estas leyes fueron sistematizadas, dando lugar a la ciencia de la *termodinámica*. Con ellas es posible calcular cuánta potencia puede producir un motor, qué fracción del calor que le suministramos se convertirá en trabajo y qué podemos hacer para mejorar su rendimiento.

Las primeras máquinas térmicas, inventadas en el siglo XVIII, quemaban carbón para producir vapor en una caldera [1]. El vapor era utilizado para mover un émbolo. Una máquina de este tipo, en la cual la fuente de calor se halla fuera, se llama *motor de combustión externa*. Un ejemplo es la turbina de vapor [2].

Sin embargo, la máquina térmica más utilizada es el *motor de combustión interna*. En un motor de este tipo, el combustible se quema dentro de un cilindro y la expansión de los gases producidos se emplea para desplazar por él un émbolo, movimiento que se transmite mediante un engranaje hasta su lugar de aplicación.

Motores primitivos de gasolina

El motor de combustión interna fue inventado en la segunda mitad del siglo XIX. El primer modelo eficaz fue realizado por el ingeniero alemán Nikolaus August Otto (1832-91), quien empleó gas de hulla como combustible. El motor de Otto usaba el ciclo de cuatro tiempos, ideado en 1862 por Alphonse Beau de Rochas y llamado así porque consta de cuatro tiempos, aunque sólo uno de ellos produce potencia. Los otros tres consisten en la admisión del combustible, la compresión de la mezcla y, tras la explosión de ésta, en la expulsión de los gases producidos [3].

Puesto que sólo uno de los cuatro tiempos produce trabajo, el desempeño de un motor de un solo cilindro es muy desigual y requiere un volante muy pesado para hacer que sea regular. Por ello, la mayoría de los motores de cuatro tiempos tienen más de un cilindro, generalmente cuatro o seis. El incrementar el número de cilindros proporciona regularidad: cada cilindro está coordinado de modo que efectúa trabajo cuando los otros no lo hacen.

El motor de combustión interna de cuatro tiempos equipa casi todos los coches y camiones y algunas motocicletas. Tales motores suelen emplear un combustible líquido, generalmente gasolina. El combustible es pulverizado y mezclado con aire en el carburador; luego es deflagrado dentro del cilindro, por bujías sincronizadas que producen la chispa en el momento adecuado.

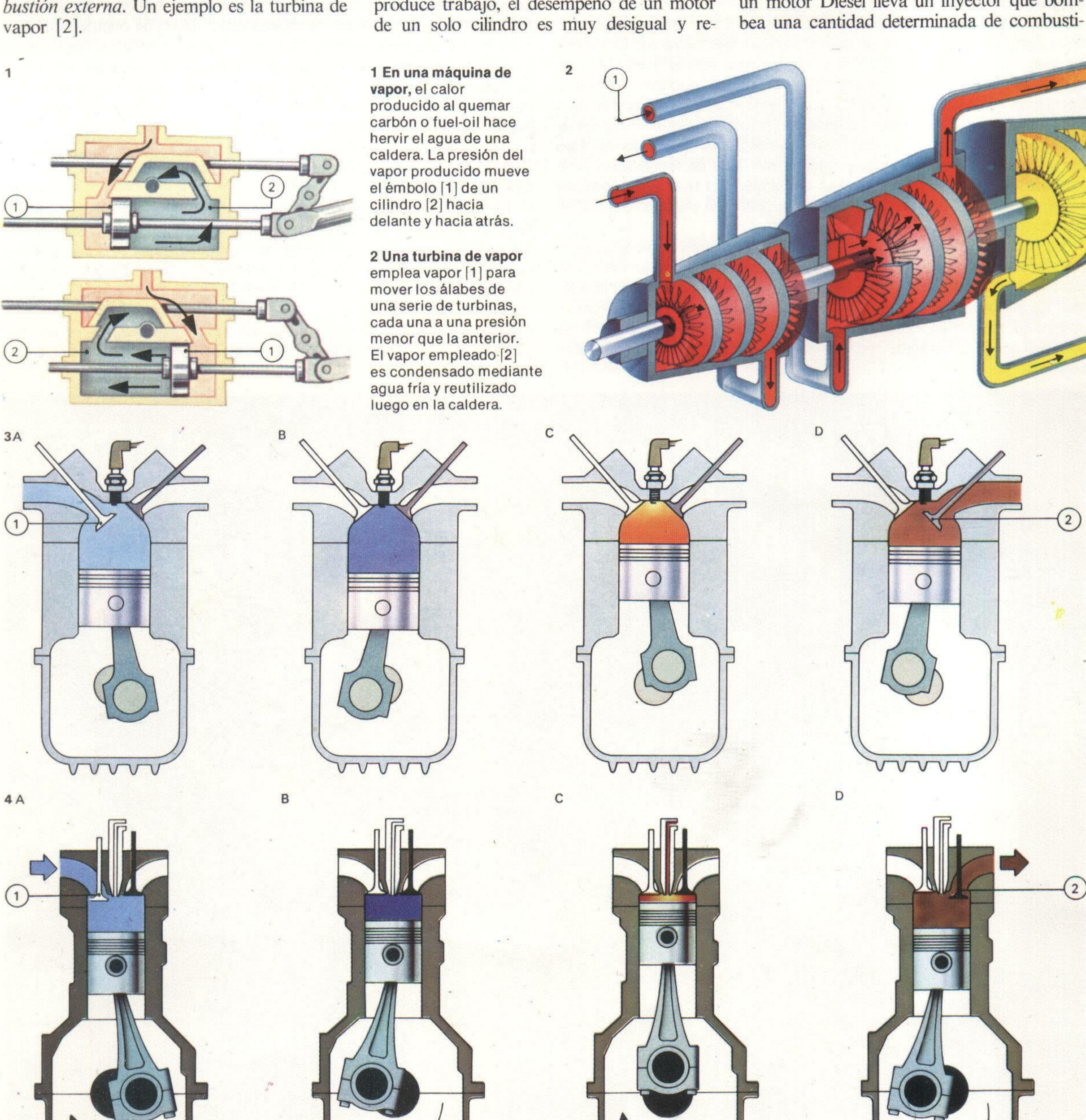
El motor Diesel

Muchos motores de combustión interna, incluyendo la mayoría de los usados en los grandes vehículos de transporte, emplean gas-oil. Son los *motores Diesel*, llamados así en honor a su inventor, el alemán Rudolf Diesel (1858-1913). En lugar de carburador, un motor Diesel lleva un inyector que bombea una cantidad determinada de combusti-

REFERENCIAS

Véase también

6 Máquinas de vapor
10 Motores de combustión interna
12 La energía del viento y del agua
16 Energía nuclear
48 Cómo funciona un automóvil
58 Locomotoras
70 Cómo funciona un avión
74 Vehículos espaciales



1 En una máquina de vapor, el calor producido al quemar carbón o fuel-oil hace hervir el agua de una caldera. La presión del vapor producido mueve el émbolo [1] de un cilindro [2] hacia delante y hacia atrás.

2 Una turbina de vapor emplea vapor [1] para mover los álabes de una serie de turbinas, cada una a una presión menor que la anterior. El vapor empleado [2] es condensado mediante agua fría y reutilizado luego en la caldera.

3 En el ciclo de cuatro tiempos o de Otto, la expansión de los gases desplaza el émbolo hacia abajo en el cilindro. En la admisión [A], el émbolo descendente absorbe la mezcla de combustible y aire por la válvula de entrada [1]. En la compresión [B], ambas válvulas están cerradas. La chispa de la bujía inflama la mezcla de combustible y aire en la explosión [C]. Y en la expulsión [D], la válvula de expulsión [2] se abre y salen los gases.

4 En un motor Diesel, se inyecta un chorro de combustible en el aire caliente y comprimido. El combustible arde espontáneamente y la expansión de los gases producidos empuja al émbolo. En la admisión [A], el aire es aspirado hacia dentro del cilindro a través de la válvula de entrada [1]. En la compresión [B], ambas válvulas están cerradas y se inyecta el combustible. Éste se quema en la explosión [C]; en la expulsión [D] se abre la otra válvula [2] y salen los gases.

ble dentro del cilindro cuando el émbolo ha comprimido el aire en éste. Y, en vez de ser provocada por la chispa de una bujía, la ignición del gas-oil es producida por su misma presión al ser inyectado en el cilindro [4].

Conversión de calor en trabajo

Los motores de combustión interna no convierten calor en trabajo de modo eficiente: un motor de coche convierte sólo una cuarta parte de la energía del combustible en trabajo útil, e incluso los motores más desarrollados tienen un rendimiento de poco más del 35 %. La explicación de este desilusionante comportamiento se encuentra en las leyes de la termodinámica.

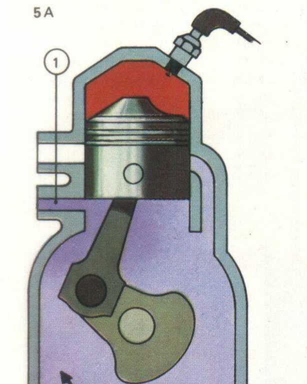
La primera ley dice que la cantidad de calor suministrada a una máquina se invierte en parte en la realización de un trabajo, mientras que el resto es absorbido por el sistema. Pero la segunda ley va más allá. Dice que es imposible construir una máquina de funcionamiento cíclico que produzca trabajo intercambiando calor con un solo manantial. Eso equivale a decir que la cantidad de trabajo producido por un motor es siempre menor que la cantidad equivalente de calor suministrado. En otras palabras, el rendimiento de cualquier tipo de motor es siempre menos que el 100 %.

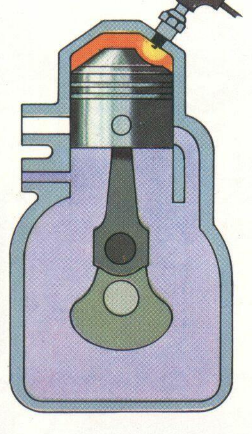
El rendimiento de un motor de combustión depende de la diferencia de temperaturas entre el calor que se le suministra y el calor que devuelve al exterior. Si se aumenta la temperatura del combustible y se disminuye la del calor devuelto al exterior, se hace más eficaz al motor. Un rendimiento del 100 % sólo podría alcanzarse si el calor devuelto estuviera a –273° C (cero absoluto). Esto no es factible; por tanto, el rendimiento de un motor de combustión no puede ser del 100 %.

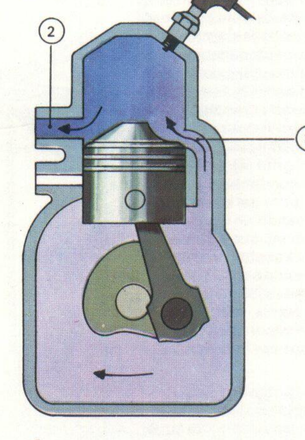
En circunstancias *ideales*, un motor de combustión que funcionase a 1.000° C –lo cual es posible en un motor de combustión interna– y arrojase el calor desperdiciado a temperaturas normales de expulsión (unos 150° C) tendría un rendimiento teórico del 67 %. Pero el rozamiento, la vibración y la energía consumida por el motor en mover los árboles de levas, los ventiladores y otros accesorios, así como las pérdidas en la transmisión, reducen el rendimiento teórico a valores mucho más bajos.

CLAVE

Unos pequeños motores ligeros y refrigerados por aire se crearon en el primer cuarto de este siglo, sobre todo para propulsar motocicletas. La compañía British Morgan usó un motor de motocicleta para propulsar este coche de tres ruedas de 1927. Conocido como "gemelo en V", el motor tenía dos cilindros inclinados formando ángulo el uno con el otro. Mediante un árbol de transmisión, transmitía el movimiento a un engranaje conectado con una cadena que movía la única rueda posterior del coche.

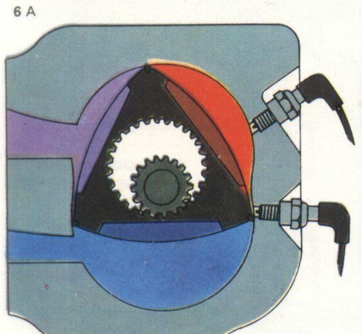


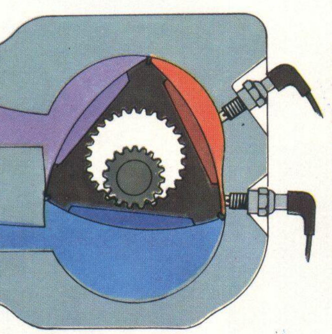


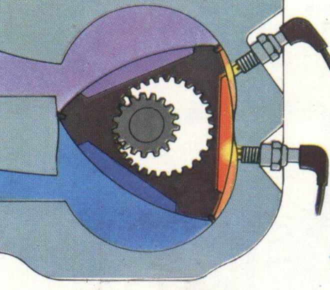


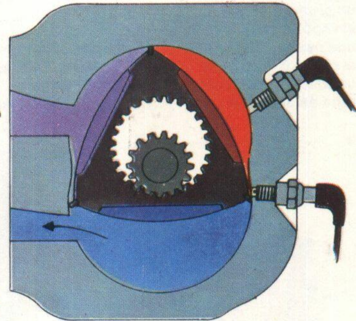
5 Motor de dos tiempos: en el primer tiempo [A] se abre la rendija de entrada [1] y se comprime la mezcla que hay en el cilindro. Una bujía inflama el combustible [B] y, por la explosión, el pistón baja [C], abriendo la rendija de expulsión [2] y luego la de admisión [3], permitiendo la entrada de la mezcla. Así, el émbolo cumple la función de las válvulas en el motor de cuatro tiempos, y se debe añadir aceite al combustible. El cilindro suele ventilarse con aletas unidas a su camisa.

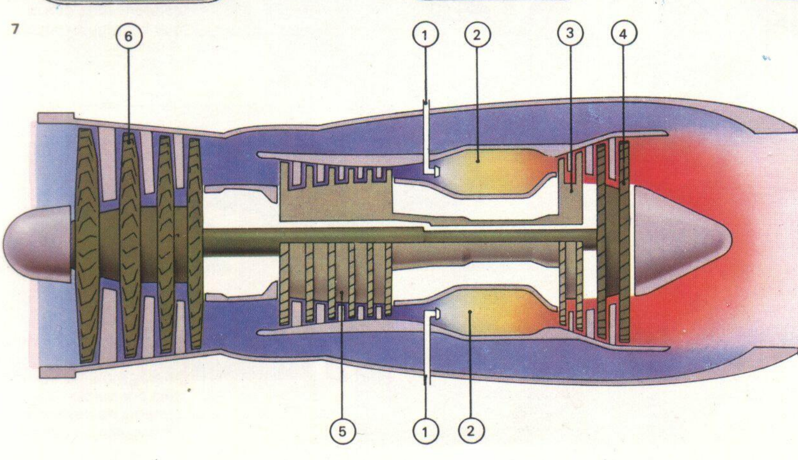
6 El motor Wankel tiene un rotor (un triángulo de lados curvos) en una cámara de forma especial. Las puntas del rotor tienen cierres de fibra de carbón comprimida. Los tiempos del ciclo son como en el ciclo de Otto: admisión [A], compresión [B], explosión [C] y expulsión [D]. Los tres espacios de la cámara se usan a la vez. Hay 2 bujías, y el movimiento rotatorio producido puede utilizarse directamente, sin necesidad de un cigüeñal que convierta el movimiento.



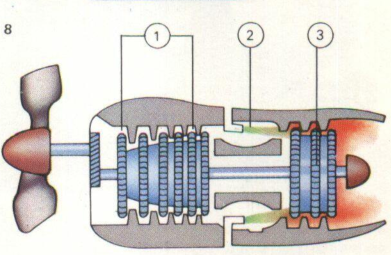








7 Un turborreactor del tipo turbofán es un tipo de turbina de gas; se emplea principalmente para propulsar aviones civiles. El combustible entra en el motor [1], donde se mezcla con aire comprimido, y es quemado en la cámara de combustión [2]. Los gases expansionados accionan unas turbinas de alta velocidad [3] y de baja velocidad [4]. Éstas mueven un compresor [5], que obliga al aire a entrar en la cámara de combustión, y unos ventiladores [6], que empujan el aire en torno a aquélla y hacia la tobera.



8 Un motor de turbohélice es básicamente una turbina de gas en la que la mayor parte de la potencia del sistema rotativo mueve la hélice mediante unos engranajes reductores. El aire que entra se comprime [1], se mezcla con combustible [2] y finalmente se quema para así hacer girar la turbina [3].

Máquinas de vapor

La máquina de vapor ha sido una de las mayores contribuciones de la tecnología al progreso humano. En los dos siglos siguientes a su invención, el comercio y la industria se desarrollaron con una intensidad que jamás se había dado antes de ella. La máquina de vapor es uno de los pocos inventos que han sido casi exclusivamente beneficiosos, habiendo influido en muchos aspectos de la vida humana.

La influencia de la máquina de vapor

La primera utilización práctica de la máquina de vapor fue para facilitar la extracción de carbón de las minas. Antes de 1712 era imposible la extracción de los filones profundos de carbón, puesto que estaban casi siempre inundados de agua. Fue entonces cuando el mecánico inglés Thomas Newcomen (1663-1729) desarrolló un tipo de máquina de vapor [2] que era capaz de bombear el agua fuera de la mina. Tal máquina era extremadamente sencilla y, salvo unas pocas piezas, podía ser construida por artesanos del lugar. Pero esta máquina desperdiciaba combustible, porque el cilindro tenía que ser refrigerado después de cada operación. Por ello, únicamente se empleó en las minas, ya que allí el carbón era abundante.

La máquina inventada por el ingeniero británico James Watt (1736-1819) en 1769 separaba las partes calientes y las partes frías de su ciclo de funcionamiento [5]. Así evitaba las pérdidas de energía que en los modelos anteriores producía el combinarlas en el cilindro, y redujo el consumo de combustible en dos terceras partes. En consecuencia, el motor de Watt podía usarse en cualquier lugar, incluso donde el combustible fuera costoso y escaso.

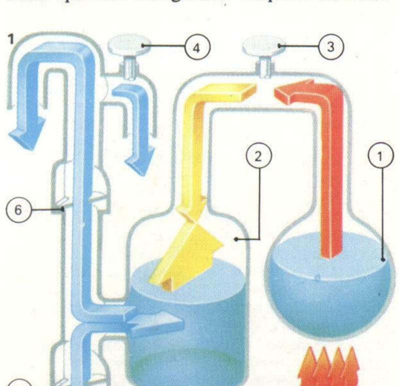
La máquina de Watt también hizo posible el desarrollo de la siderurgia, aumentando la eficacia de los procedimientos de obtención del acero y llevando a Gran Bretaña y a otros países occidentales a un período de gran expansión industrial. Hacia mediados del siglo XIX, había ya diversos tipos muy evolucionados de máquinas de vapor, las cuales fueron aplicadas a diversos procesos industriales, particularmente en la industria textil.

La segunda gran aplicación práctica de la fuerza del vapor tuvo lugar en el transporte. Las locomotoras de vapor, cuyo pionero fue el inventor británico Richard Trevithick (1771-1833) [4], dieron lugar a las redes ferroviarias, que permitían transportar vagones de carga de un modo más rápido y más barato que las embarcaciones que recorrían los canales. Además, los barcos de vapor acortaron considerablemente las travesías marítimas intercontinentales e hicieron independientes a los barcos de la meteorología.

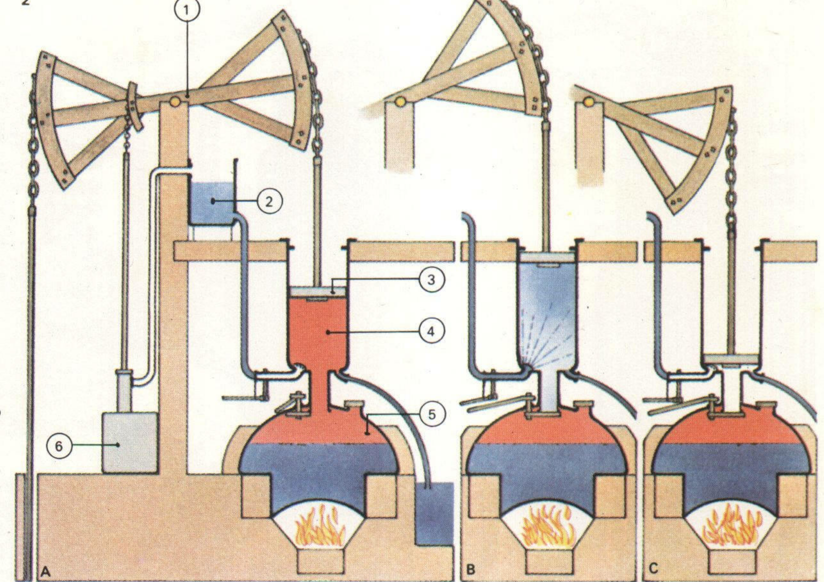
El siguiente gran adelanto en la utilización de la fuerza del vapor se produjo en 1884: fue la invención de la turbina de vapor por el ingeniero británico Charles Parsons (1854-1931). Una de sus ventajas era que comunicaba la fuerza motriz en forma rotatoria, en vez de producir un movimiento alternativo como las máquinas de vapor clásicas. Ya no había necesidad alguna de los sistemas de transmisión mecánicos formados por bielas, manivelas y volantes. Durante 20 años, las turbinas de Parsons, de hasta 70.000 CV, estuvieron propulsando buques de línea a través del océano Atlántico a más de 45 kilómetros por hora (alrededor de 25 nudos), desplazando definitivamente a los buques de vela.

REFERENCIAS

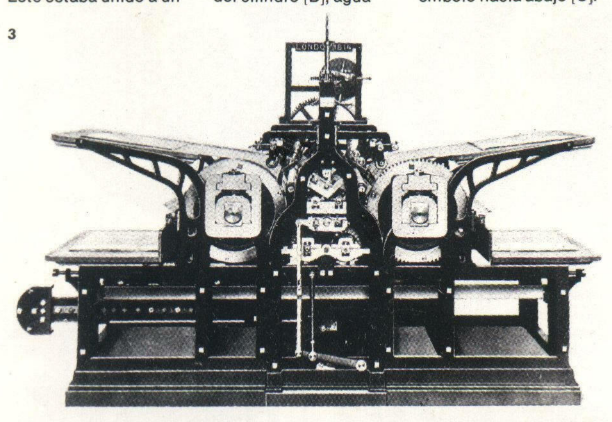
Véase también:
58 Locomotoras
8 Energía a partir del vapor
32 Barcos modernos
230 Tecnología moderna



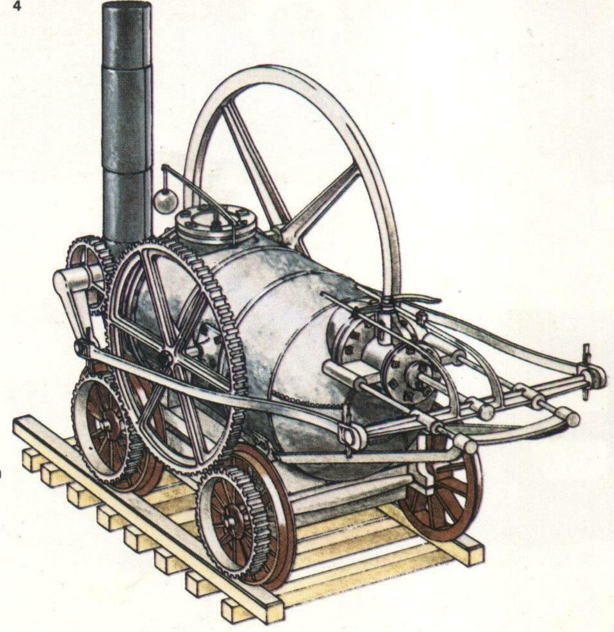
1 La máquina de vapor de Savery de 1698 se utilizaba para bombear agua de las minas. El vapor procedente de la caldera [1] pasaba al cilindro [2]. Luego se cerraba la espita [3], y el cilindro era rociado con agua fría del grifo [4]. El vapor se condensaba en el interior del cilindro, creando un vacío parcial, que se usaba para aspirar el agua de la mina a través de la válvula [5]. Se abría la espita, y la presión del vapor expelía el agua por la válvula [6].



2 La máquina de vapor de Newcomen de 1712 se utilizaba para bombear agua de las minas. En un primer tiempo [A], el vapor procedente de una caldera [5] pasaba al cilindro [4], donde impulsaba al émbolo [3]. Éste estaba unido a un balancín [1], el cual accionaba la bomba. El balancín también hacía mover una bomba más pequeña [6], que llevaba agua a un depósito suplementario [2]. Cuando el émbolo llegaba al extremo del cilindro [B], agua procedente del depósito suplementario [2] era rociada dentro de aquél para condensar el vapor. Esto creaba un vacío parcial, que daba lugar a que la presión atmosférica exterior impeliese el émbolo hacia abajo [C].



3 Las máquinas de vapor pequeñas y potentes fueron un desarrollo lógico de la máquina de Trevithick de 1804. Redujeron la fatiga de los maquinistas, incrementaron la producción y rebajaron los costes en muchas industrias. La imprenta de vapor de Richard Hoe de 1847, mostrada en esta ilustración, era una máquina que llevaba los tipos en cilindros que giraban a gran velocidad e imprimían sobre una banda móvil de papel. La potencia del vapor se aplicó también a la agricultura, donde los tractores —los primeros vehículos autopropulsados que funcionaron con éxito— arrastraban y accionaban pesados remolques y máquinas trilladoras. Dos máquinas, situadas en lindes opuestas de un campo, podían arrastrar un gran arado con varias rejas de una linde a la otra.



4 Richard Trevithick fue un precursor en el empleo del vapor a elevada presión y obtuvo una potencia muy alta de máquinas relativamente pequeñas aumentando la presión del vapor a 3.500 gr/cm². También suprimió el condensador, con lo que consiguió reducir el peso; simplificó el conjunto empotrando el horno en la cubierta de la caldera, y usando el vapor expandido para precalentar el agua de alimentación. Sólo quedaba montar el dispositivo en ruedas que discurrieran por raíles de acero: esta locomotora prueba que el ferrocarril era ya posible en 1803. El cilindro único horizontal estaba empotrado en la caldera, y la manivela hacía girar a los dos ejes por medio de un sistema de transmisión de engranaje múltiple.

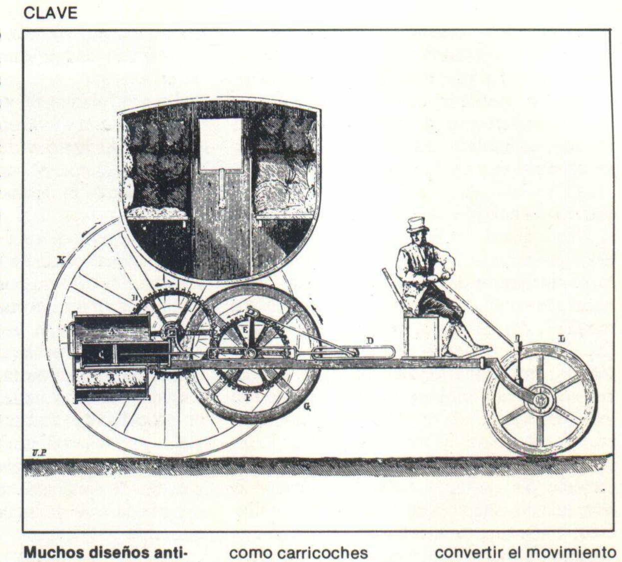
Principios de la máquina de vapor

Una máquina de vapor transforma en energía mecánica la energía calorífica almacenada en el combustible. Ésta ha pasado al vapor producido calentando agua hasta su ebullición en un recipiente cerrado (una caldera). Puede emplearse calor procedente de cualquier fuente: carbón, fuel-oil, el Sol o un reactor nuclear. En una máquina convencional de vapor, la presión de éste empuja un émbolo conectado a una biela de tal modo que el movimiento de ésta hace girar un volante. En el caso de una turbina, el chorro de vapor va a dar contra los álabes de la turbina, haciendo que ésta gire.

Este proceso es reversible: si el vapor es enfriado luego en un condensador, vuelve a transformarse en agua. Si éste proceso tiene lugar en un recipiente cerrado, la reducción de volumen crea un vacío que puede usarse para recuperar energía, la cual de otro modo se disiparía. Estos dos principios eran ya conocidos casi un siglo antes de las primeras máquinas de vapor. El inventor británico Thomas Savery (1650-1715) los combinó en una máquina para bombear agua en el año 1698 [1].

La condensación de vapor durante el ciclo de trabajo representa una pérdida de energía. Las máquinas de vapor fueron diseñadas para producir vapor a la temperatura más alta posible, minimizando así la condensación durante el ciclo y de modo que el vapor se expandiera hasta alcanzar la temperatura más baja posible. La idea básica era extraer del vapor el máximo de energía. Esto fue realizado conduciendo el vapor hacia el motor a través de tuberías expuestas a los gases calientes que salían por la chimenea de la caldera, dispositivo que se llamó *sobrecalentador*. En algunas máquinas modernas, el vapor sobrecalentado alcanza temperaturas por encima de los 600° C. Puede todavía obtenerse mayor rendimiento si se recobra el vapor que ya ha recorrido parte del ciclo y se le conduce a un *recalentador* por medio de tuberías que pasan a través de los gases calientes de la caldera. De este modo, el calor del combustible que se quema en la caldera se usa tres veces para comunicar energía al vapor. El vapor, al expansionarse, tiende a enfriar las paredes del cilindro; y por ello se encierra a éste en un recipiente lleno de vapor caliente.

CLAVE



Muchos diseños antiguos pretendían aplicar la máquina de vapor a vehículos de transporte, concebidos en general como carricoches mecánicos gobernables. Todos los diseños tuvieron que resolver el problema de convertir el movimiento alternativo del motor en uno giratorio adecuado para mover las ruedas del vehículo.

5 La máquina de Watt de 1769 reducía el consumo de combustible, al separar el condensador del cilindro; pero era todavía una máquina de bombeo. Sólo a partir de 1784 las industrias necesitadas de energía para mover las máquinas fueron provistas de máquinas de Watt de doble acción. Estas máquinas tenían los aspectos básicos de las máquinas modernas y eran un gran avance sobre la de Newcomen. Un horno [1] calentaba el fondo y los lados de una caldera [2]. El vapor a presión pasaba a un cilindro [6] que estaba cerrado por la parte superior para permitir al émbolo [7] moverse hacia arriba y abajo. La fuerza de éste era transmitida mediante el movimiento de un vástago paralelo [22] al balancín [23], el cual basculaba sobre su centro. El movimiento de éste se transmitía al lugar de utilización a través de la biela de conexión [24], que tenía una rueda no giratoria [25] fijada a su extremo sólidamente; a su vez, esta rueda movía la rueda [26] solidaria al eje del volante. Los dientes del volante [27] encajaban con los de la rueda dentada [28] situada al final del dispositivo móvil de la fábrica. El bastidor de la máquina era de madera, y su velocidad se controlaba por medio del regulador [11]. Mediante dos pares de válvulas se permitía al vapor entrar y salir del cilindro, y el ya utilizado se condensaba en [14] con un chorro de agua fría [15]. Una bomba [16] impulsaba el aire y el agua, y ésta era bombeada a la caldera a través de [18] cuando lo indicaba el flotador de control [4].

5

1 Horno y puerta de acceso al fuego
2 Caldera
3 Agua
4 Flotador de control
5 Tubería para el vapor
6 Cilindro del motor
7 Émbolo
8 Válvula de constricción para el vapor
9 Caja de la válvula superior
10 Caja de la válvula inferior
11 Regulador
12 Control del regulador
13 Depósito de agua para la condensación
14 Condensador
15 Chorro de agua fría
16 Bomba de aire
17 Depósito alimentador de agua
18 Bomba alimentadora de agua
19 Tubería alimentadora de agua
20 Suministro de agua para la condensación
21 Vástago del émbolo
22 Vástago paralelo
23 Balancín
24 Biela de conexión
25 Rueda fija
26 Rueda giratoria
27 Volante dentado
28 Rueda transmisora dentada

Energía a partir del vapor

En la fuerza motriz del vapor residió el origen de la Revolución Industrial; y, sin embargo, hoy día apenas quedan máquinas de vapor. No obstante, para generar electricidad, el vapor (que mueve una turbina) es todavía un eslabón importante en la cadena de conversiones de la energía.

Las modernas plantas de energía

Una central térmica moderna utiliza el calor procedente de la combustión de carbón o de petróleo, o de un reactor nuclear, para hacer hervir agua que circula en una caldera tubular y así producir vapor a alta presión [1]. El vapor circula a lo largo de unas tuberías hasta una turbina de vapor, la cual consiste en una serie de álabes montados en un único eje. Unas toberas dirigen los chorros de vapor contra los álabes, haciendo así girar a la turbina. Un generador acoplado al extremo del eje de la turbina transforma el movimiento rotatorio de ésta en energía eléctrica. Cada uno de los tres elementos de una central térmica –la caldera, la turbina y el generador– ha experimentado un continuo perfeccionamiento para así conseguir el mayor rendimiento posible. Como resultado de ello, el rendimiento en la producción de electricidad (la cantidad de energía eléctrica producida en relación con la energía térmica suministrada a la planta) ha pasado de un 5 % en 1900 a casi el 40 % en 1975. Es decir, que con el rendimiento de 1900 una central térmica quemaría ocho veces más combustible para producir la misma cantidad de electricidad.

La *caldera* de una gran central térmica convencional consume carbón pulverizado a un ritmo de 200 tm por hora. Unos vagones de ferrocarril transportan el carbón a la planta y lo descargan en enormes depósitos, desde los cuales es llevado mediante una cinta transportadora hacia la caldera. Se pesa y luego se pulveriza hasta que se ha convertido en un polvo tan fino como la harina. Entonces se mezcla con aire y así es transportado en suspensión, e impulsado por ventiladores a través de conductos metálicos hasta el horno, donde arde desprendiendo gran cantidad de calor.

Producción del vapor

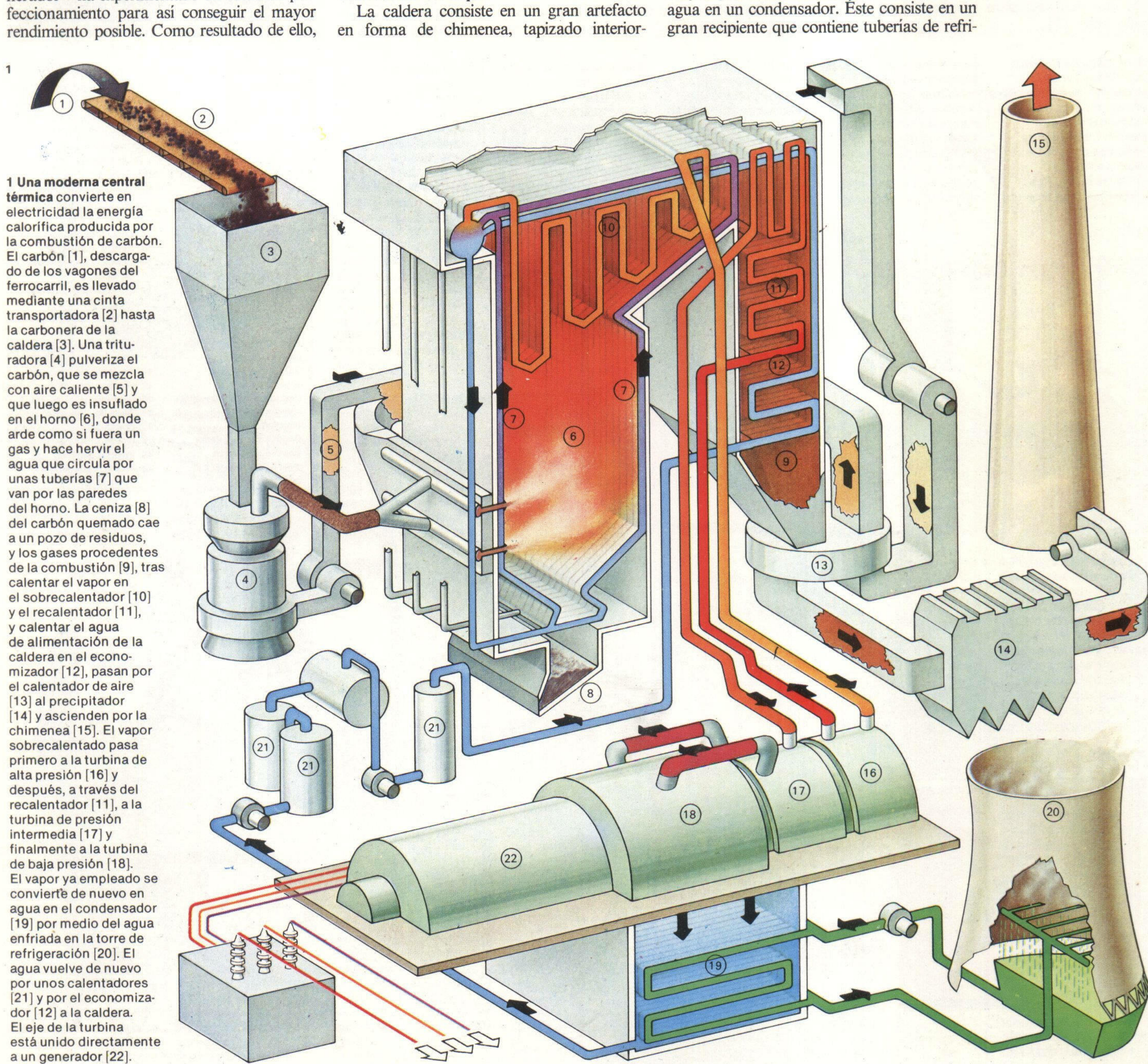
La caldera consiste en un gran artefacto en forma de chimenea, tapizado interiormente por unas tuberías verticales que conducen agua. El calor producido por la combustión de la mezcla de carbón-aire hace hervir el agua, generándose así el vapor. Éste es recogido en un depósito de vapor, y luego se le hace circular, en otro sistema de tubos, por las partes más calientes de la caldera, donde se sobrecalienta a temperaturas todavía más elevadas.

El vapor pasa directamente desde el sobrecalentador hasta las *turbinas* [2]. El vapor es dirigido primero a la turbina de alta presión, donde pasa a través de un anillo de álabes fijos. Éstos dirigen el chorro de vapor a los álabes rotativos. Al ser éstos impulsados por el vapor la turbina gira, al igual que gira un molino de viento a causa de la brisa. Inmediatamente después, el vapor es conducido de nuevo a la caldera y recalentado. Entonces pasa por la turbina de presión intermedia y por la de presión baja [3], cediendo gradualmente su energía y produciendo un impulso rotatorio adicional.

Finalmente el vapor, habiendo cedido la mayor parte de su energía, es convertido en agua en un condensador. Éste consiste en un gran recipiente que contiene tuberías de refri-

REFERENCIAS

Véase también
6 Máquinas de vapor
26 Producción y distribución de electricidad
16 Energía nuclear
24 Ahorrando combustible y energía



1 Una moderna central térmica convierte en electricidad la energía calorífica producida por la combustión de carbón. El carbón [1], descargado de los vagones del ferrocarril, es llevado mediante una cinta transportadora [2] hasta la carbonera de la caldera [3]. Una trituradora [4] pulveriza el carbón, que se mezcla con aire caliente [5] y que luego es insuflado en el horno [6], donde arde como si fuera un gas y hace hervir el agua que circula por unas tuberías [7] que van por las paredes del horno. La ceniza [8] del carbón quemado cae a un pozo de residuos, y los gases procedentes de la combustión [9], tras calentar el vapor en el sobrecalentador [10] y el recalentador [11], y calentar el agua de alimentación de la caldera en el economizador [12], pasan por el calentador de aire [13] al precipitador [14] y ascienden por la chimenea [15]. El vapor sobrecalentado pasa primero a la turbina de alta presión [16] y después, a través del recalentador [11], a la turbina de presión intermedia [17] y finalmente a la turbina de baja presión [18]. El vapor ya empleado se convierte de nuevo en agua en el condensador [19] por medio del agua enfriada en la torre de refrigeración [20]. El agua vuelve de nuevo por unos calentadores [21] y por el economizador [12] a la caldera. El eje de la turbina está unido directamente a un generador [22].

geración por las que circula agua fría procedente de un río o lago cercano. El agua de refrigeración absorbe el calor residual del vapor y éste se convierte en agua caliente, que se devuelve a la caldera para ser recalentada.

El eje de la turbina gira a la velocidad determinada por la frecuencia de la red de consumo eléctrico. En muchos países europeos, la velocidad es de 3.000 revoluciones por minuto (50 revoluciones por segundo), lo que corresponde a un suministro con una frecuencia de 50 hertzios (ciclos por segundo). En Estados Unidos, la velocidad de la turbina es normalmente de 3.600 rpm, lo que corresponde a una frecuencia de 60 Hz.

El *generador de electricidad* consiste en dos sistemas de arrollamientos de hilo conductor eléctrico [2]. Uno está montado solidario con el eje de la turbina, y se llama *rotor*. El otro está dispuesto envolviendo al rotor, es fijo y se llama *estator*. El movimiento relativo entre rotor y estator genera la electricidad.

Generadores y rendimiento

Para obtener un rendimiento óptimo del generador, es necesario refrigerarlo continuamente. En un principio se empleó refrigeración natural, o bien refrigeración forzada mediante ventiladores de aire, pero desde comienzos de los años 50 se emplea hidrógeno. El rotor y el estator operan en una atmósfera de hidrógeno, el cual extrae el calor con gran eficiencia. En los modelos más recientes, los devanados del rotor están hechos de tubos huecos de cobre, por cuyo interior circula hidrógeno, y los devanados del estator están refrigerados por conductos por los que también circula hidrógeno. Con esta refrigeración "directa" o "interior", puede llegarse a doblar la producción del generador.

Éste suele producir electricidad a unos 25.000 voltios. La mayoría de las aplicaciones domésticas requieren sólo 220 voltios; pero resulta más económico transportar la electricidad, en el caso de grandes distancias, a muy altos voltajes. Por eso, el primer paso en la distribución consiste en llevar la corriente a varios centenares de miles de voltios empleando un transformador. A la salida de éste, la corriente viaja a lo largo de cables de alta tensión tendidos entre postes metálicos, hasta llegar a la zona en que será utilizada, donde unos transformadores rebajan su voltaje.

CLAVE

2

Turbina de alta presión

Turbina de presión intermedia

Turbina de baja presión

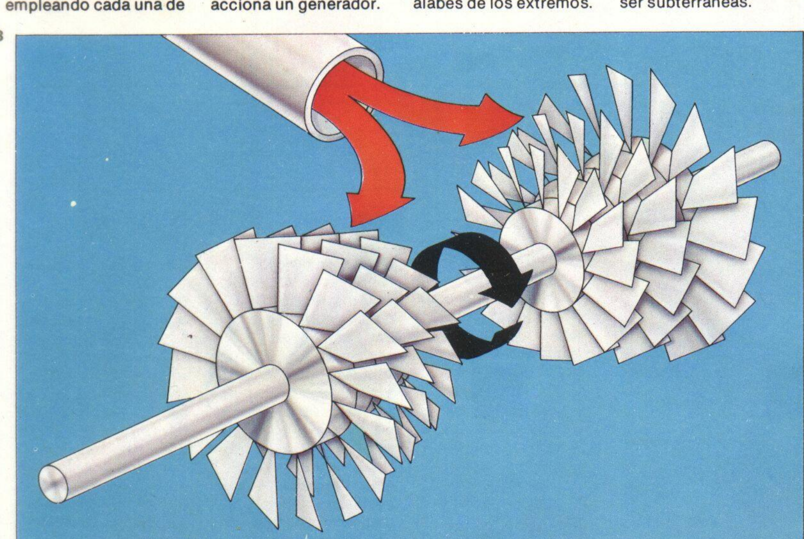
Generador eléctrico

2 Las turbinas y los generadores son los dispositivos que convierten la fuerza motriz del vapor en movimiento rotatorio, primero, y, después, en electricidad. Para obtener la máxima energía del vapor caliente, las turbinas están agrupadas en varias etapas —hasta cinco en una gran central térmica—, empleando cada una de ellas vapor que está a una presión ligeramente inferior a la anterior. El vapor, sobrecalentado a más de 600° C, cede gran parte de su energía a la turbina de alta presión. El vapor que ha superado esta etapa es recalentado y dirigido a la turbina de presión intermedia y luego a la turbina de baja presión. El eje acciona un generador.

3 Una turbina de baja presión, mostrada aquí en esquema, ilustra cómo el vapor a presión hace girar los álabes. Hay dos disposiciones similares de éstos, montadas simétricamente en el mismo eje con el fin de obtener un rendimiento óptimo. Los álabes centrales, donde la presión del vapor es más alta, son más pequeños que los álabes de los extremos.

4 La sala de turbinas de una moderna central térmica contiene gran cantidad de maquinaria pesada y tuberías rodeadas de material aislante que llevan el vapor a las diversas turbinas. Los pasadizos y corredores entre las máquinas permiten a los ingenieros su inspección y mantenimiento. Las calderas que producen el vapor pueden ser subterráneas.

3



4



Motores de combustión interna

En una máquina tradicional de vapor, e incluso en una moderna turbina, el combustible es quemado fuera del motor para calentar agua y así producir el vapor destinado a mover el dispositivo. Pero quemar el combustible dentro del motor de modo que los gases en expansión muevan un pistón o una turbina supone un rendimiento mayor.

El primer motor de combustión interna, que funcionaba con gas [Clave], fue construido por el ingeniero alemán Nikolaus August Otto (1832-91). Este motor, exhibido en París en 1867, era grande, ruidoso y de bajo rendimiento. Pero ha sido el predecesor del 99 % de los motores actuales.

El ciclo de cuatro tiempos

Nueve años después del primer motor de gas, Otto diseñó otro, basado en el *ciclo de cuatro tiempos*. El adelanto que supuso este motor residía en que el gas era comprimido antes de su combustión, lo cual no sólo aumentaba el rendimiento, sino que además reducía el consumo de combustible.

De los cuatro tiempos de este tipo de motor, sólo uno proporciona potencia: el tercero. Los cuatro tiempos son: admisión (el pistón, al desplazarse hacia atrás, aspira una mezcla de aire y combustible), compresión (el movimiento del pistón hacia adelante comprime la mezcla), explosión (al quemarse la mezcla, los gases desplazan el pistón hacia atrás) y expulsión (el movimiento del pistón hacia delante empuja los gases de combustión fuera del cilindro).

Numerosas motocicletas y algunos coches pequeños emplean el *ciclo de dos tiempos*, diseñado por el ingeniero británico Dugald Clerk (1854-1932) en 1876 y patentado en 1881. En este tipo de motor, el movimiento del pistón aspira el combustible y expulsa los gases de combustión por unas rendijas abiertas en los lados del cilindro.

En un motor de cuatro tiempos, el combustible y los gases de combustión entran y salen del cilindro por medio de un sistema más complicado: consiste en sendas válvulas, que son controladas automáticamente por un árbol de levas accionado directamente por el cigüeñal del motor.

El momento de la ignición del combustible es controlado por el distribuidor, conectado también mecánicamente al cigüeñal. El distribuidor dirige una corriente eléctrica sucesivamente a cada uno de los cilindros. Esta corriente produce una chispa en las bujías, la cual hace que el combustible se inflame.

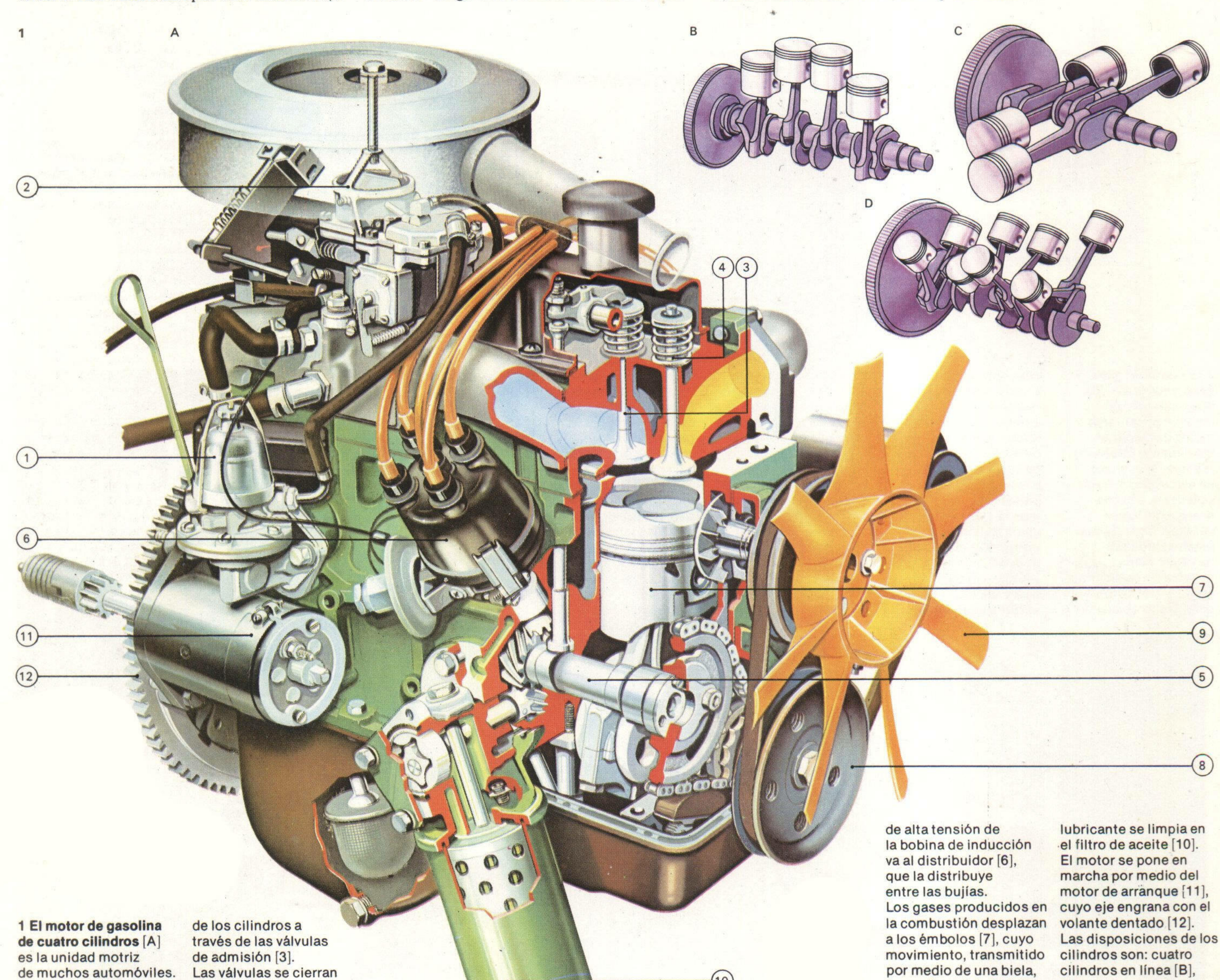
Los motores de Otto funcionaban con gas de hulla, un combustible muy adecuado pero difícil de almacenar. Esto se solucionó al emplear combustibles líquidos como la gasolina, obtenida refinando petróleo crudo. La gasolina se mezcla con aire en el carburador, para formar una fina niebla combustible que puede ser aspirada hacia el interior del cilindro.

Al contrario que las máquinas de vapor, la mayoría de los motores de combustión interna no suministran gran potencia a bajas velocidades. Los cilindros son pequeños y cada tiempo de explosión produce relativamente poca potencia. Para obtener una cantidad útil de trabajo de este tipo de motor, hay que hacerle funcionar rápidamente, de modo que produzca el máximo número de tiempos de explosión por minuto. Los motores de automóvil suelen tener su máxima potencia en regímenes de más de 5.000 revoluciones por minuto. Pero motores especialmente preparados pueden lograr su potencia más elevada a 12.000 rpm o más.

REFERENCIAS

Véase también

4 Tipos básicos de motores
20 Petróleo y gas natural
32 Barcos modernos
42 Historia de las motocicletas
44 Historia de los automóviles
48 Cómo funciona un automóvil
70 Cómo funciona un avión



1 El motor de gasolina de cuatro cilindros [A] es la unidad motriz de muchos automóviles. La bomba de gasolina [1] aspira carburante, que es mezclado con aire en el carburador [2]. La mezcla aire-gasolina pasa al interior de los cilindros a través de las válvulas de admisión [3]. Las válvulas se cierran mediante un muelle [4] y se abren mediante una leva, estando el árbol de levas [5] sincronizado con el cigüeñal. La corriente de alta tensión de la bobina de inducción va al distribuidor [6], que la distribuye entre las bujías. Los gases producidos en la combustión desplazan a los émbolos [7], cuyo movimiento, transmitido por medio de una biela, hace girar el cigüeñal. Una polea [8] mueve el ventilador de refrigeración [9] por medio de la correa del ventilador. El aceite lubricante se limpia en el filtro de aceite [10]. El motor se pone en marcha por medio del motor de arranque [11], cuyo eje engrana con el volante dentado [12]. Las disposiciones de los cilindros son: cuatro cilindros en línea [B], dos pares opuestos o cuatro en un plano [C] y V-8 [D], que lleva dos grupos de cuatro cilindros inclinados formando ángulo.

El económico motor Diesel

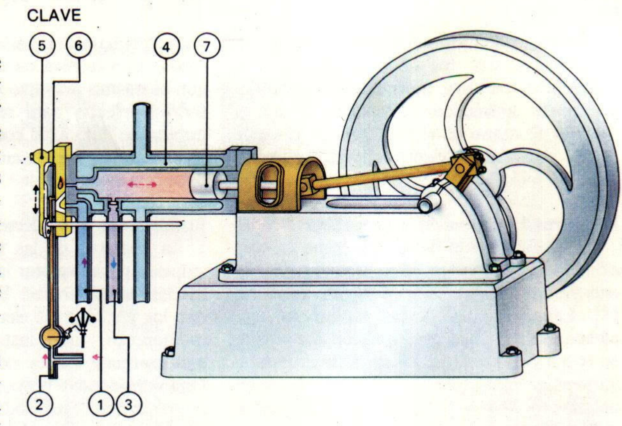
El motor de compresión-ignición, diseñado por el alemán Rudolf Diesel (1858-1913) en 1896, no emplea el carburador ni las bujías que equipan al motor de gasolina. El gas que contiene el cilindro en el tiempo de compresión es aire puro, que es comprimido a entre 1/14 y 1/20 de su volumen inicial, relación de compresión mucho más alta que la de los motores de gasolina. Al final del tiempo de compresión se inyecta en el cilindro un fino chorro pulverizado de gas-oil. Al comprimir el gas ha ido aumentando su temperatura, de modo que el gas-oil atomizado encuentra al aire a una temperatura tan elevada que arde espontáneamente al entrar en contacto con él.

Debido a esta alta relación de compresión, el motor de compresión-ignición o motor Diesel posee un rendimiento mayor que el de gasolina. Pero, por la misma razón, tiene que ser de construcción más robusta. Consume menos combustible, pero es menos versátil. Resulta muy adecuado para taxis, autobuses y camiones, pero por su escasa "reprise" se ha aplicado poco a los automóviles de turismo.

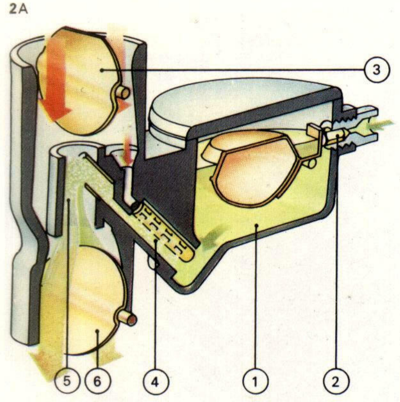
La poderosa turbina de gas

La turbina de gas es un tipo distinto de motor. Fue ideada a principios del siglo XX y perfeccionada en los años 30. Suele constar de un eje principal que soporta una serie de ruedas de álabes, divididas en dos grupos: el compresor y la turbina. Ambos grupos de álabes no son iguales. Los del compresor están proyectados de modo que al aplicárseles una fuerza motriz, impelen el aire con fuerza hacia atrás, mientras que los de la turbina, al recibir el impacto del gas, se mueven haciendo girar el eje rotor al que están insertos.

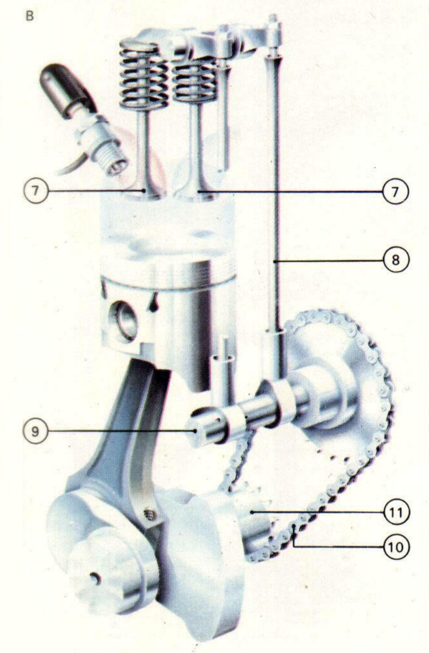
El aire es aspirado y comprimido por el compresor. Se mezcla con combustible y entonces se produce la ignición, que da lugar a una enorme cantidad de gas a temperatura y presión muy elevadas. Ésta pasa por la turbina y la hace girar. Parte del trabajo producido por la turbina se utiliza para hacer girar el compresor. El rendimiento de una turbina de gas no suele ser muy alto, pero su excelente relación potencia-peso la hace adecuada para la propulsión de aviones. Una turbina de gas es tres veces más potente que un motor de émbolo del mismo peso.

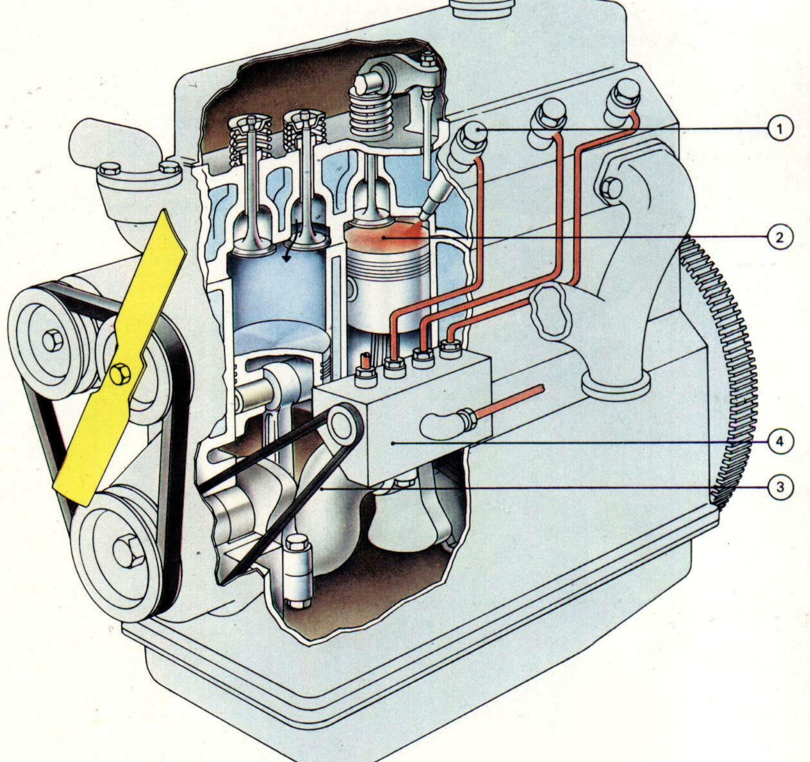


El motor de Otto de 1876 fue el primer motor de combustión interna que funcionó con éxito. Era un motor horizontal de cuatro tiempos que usaba una mezcla de gas y aire como combustible. El tiempo de admisión aspiraba aire [1] y gas [2] hacia dentro del cilindro a través de una válvula de corredera [5] que se desplazaba al moverse el émbolo [7]. Tras el tiempo de compresión, la mezcla de combustible se inflamaba mediante una llama que ardía continuamente [6] en el motor y que era comunicada a través de una estrecha abertura en la válvula de corredera. Al expansionarse los productos de combustión, impulsaban al émbolo. En el último tiempo, los gases quemados se expulsaban del motor [3]. Una camisa por la que circulaba agua fría [4] refrigeraba al cilindro.

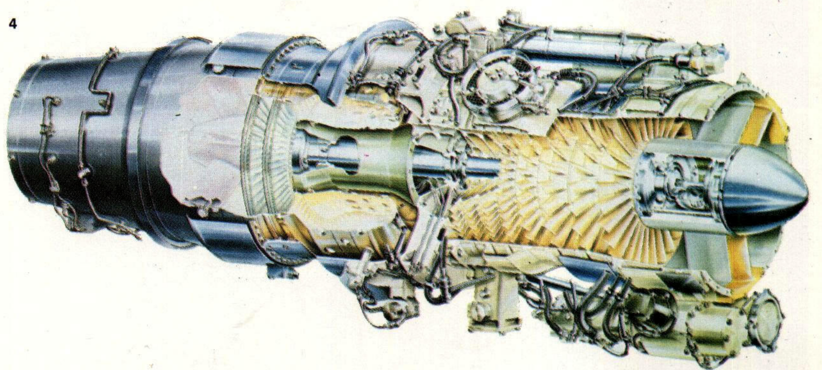


2 En un carburador [A], la gasolina entra en la cámara del flotador [1], regulada por una válvula de aguja [2], y se mezcla en [4] con el aire que llega por la válvula de estrangulamiento [3]. La mezcla llega a la corriente principal de aire [5] y pasa por la mariposa [6]. En un motor con válvulas en cabeza [B], éstas [7] son accionadas por unas barras [8] movidas por el árbol de levas [9], el cual gira por medio de una cadena [10] unida al cigüeñal [11].





3 Un motor Diesel no tiene bujías: funciona por el principio de la compresión-ignición. Un inyector [1] introduce combustible a presión en el cilindro [2], donde el émbolo ha comprimido el aire. En estas condiciones, el combustible arde espontáneamente y la expansión de los productos de la combustión obliga al pistón a retroceder. El movimiento del cigüeñal [3] acciona la bomba de combustible [4]. Al igual que en un motor de gasolina, hay un par de válvulas en cada cilindro; pero, a diferencia de aquél, en un motor Diesel una de ellas controla sólo la admisión de aire y la otra deja escapar los gases de combustión. La potencia del motor depende de la cantidad de combustible que le suministra la bomba, y ésta es controlada por el pedal acelerador. Una correa accionada por una polea situada al final del cigüeñal mueve un ventilador, que refrigera al motor, y una dinamo o alternador, que alimenta los diversos accesorios eléctricos.



4 Una turbina de gas, como este turborreactor Rolls-Royce Viper, usa parte de los gases calientes producidos al quemar el combustible (la mayor parte de ellos salen a gran velocidad por la tobera posterior) para hacer girar una turbina situada en la parte posterior del motor. Otros álabes, solidarios del mismo eje, pero situados en la parte anterior del motor, comprimen el aire que entra.

La energía del viento y del agua

El molino de viento [Clave] y la rueda hidráulica [1] son dos de los más antiguos procedimientos para aprovechar la energía. La rueda hidráulica se usaba ya en el Imperio Romano en el año −70 para moler grano; el molino de viento apareció en Persia hacia el 644.

De la rueda hidráulica a la turbina

Tanto una rueda hidráulica como su versión moderna, la turbina, transforman la energía del agua en un movimiento rotatorio [3]. Las primitivas ruedas hidráulicas empleaban el principio de impulsión por abajo, en el que la mitad inferior de la rueda estaba inmersa en una corriente de agua [1]; tenían un rendimiento de sólo el 30 %. Las ruedas hidráulicas que reciben la impulsión por arriba proporcionan rendimientos del 70 al 90%, similares al de las turbinas modernas.

Las turbinas reemplazaron a las ruedas hidráulicas en la segunda mitad del siglo XIX. Hay tres categorías de turbinas: las de impulsión, las de reacción y las de flujo axial [4]. Una turbina de impulsión requiere que la presión del agua sea elevada; el chorro de agua que cae incide a gran velocidad sobre unas "cucharas" situadas en el borde de la rueda. Una turbina de reacción funciona según el mismo principio que el aspersor giratorio empleado para regar el césped. Una turbina de flujo axial consta de una hélice de paso variable situada en una tubería de gran diámetro.

Instalaciones hidroeléctricas

La mayoría de las turbinas de agua se emplean para explotar la energía del agua almacenada en presas. Estas turbinas accionan los generadores eléctricos. En los países montañosos, tales instalaciones proporcionan energía barata y no son contaminantes. Una considerable proporción de esta energía convencional sigue todavía sin explotar: el río Fraser en Canadá, por ejemplo, podría generar 8.700 megawatios (MW) de energía eléctrica, y el Brahmaputra en la India 20.000 MW. El sistema Yenisey-Angara en la URSS, que proporciona ya 11.000 MW, tiene capacidad para generar otros 53.000 megawatios.

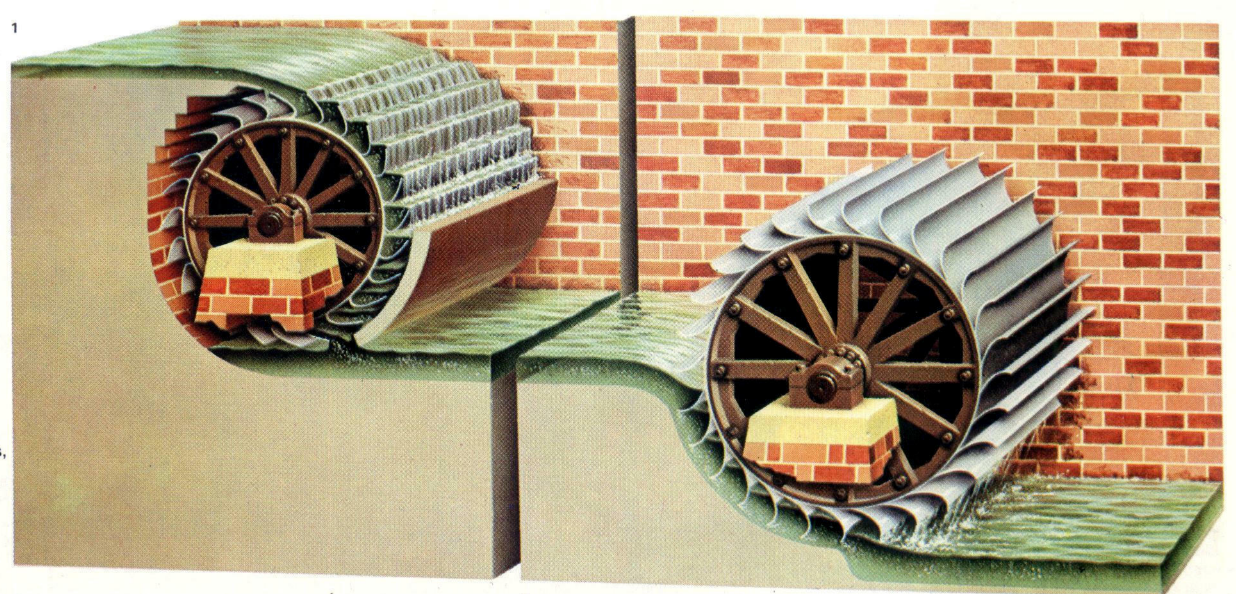
Las turbinas hidráulicas pueden usarse también para convertir la energía de las mareas [2]. La única central de energía de esta clase instalada en gran escala se halla en el estuario del río Rance, en el golfo de St. Malo, en el norte de Francia. La importancia del flujo y del reflujo de los océanos varía ampliamente de un lugar a otro, desde valores tan pequeños como 2 cm en Tahití hasta otros tan grandes como 15 m en la Bahía de Fundy (en el este de Canadá).

Sólo en lugares con mareas de este último orden es conveniente el emplazamiento de centrales mareomotrices, e incluso a veces tales instalaciones no son fáciles de justificar económicamente.

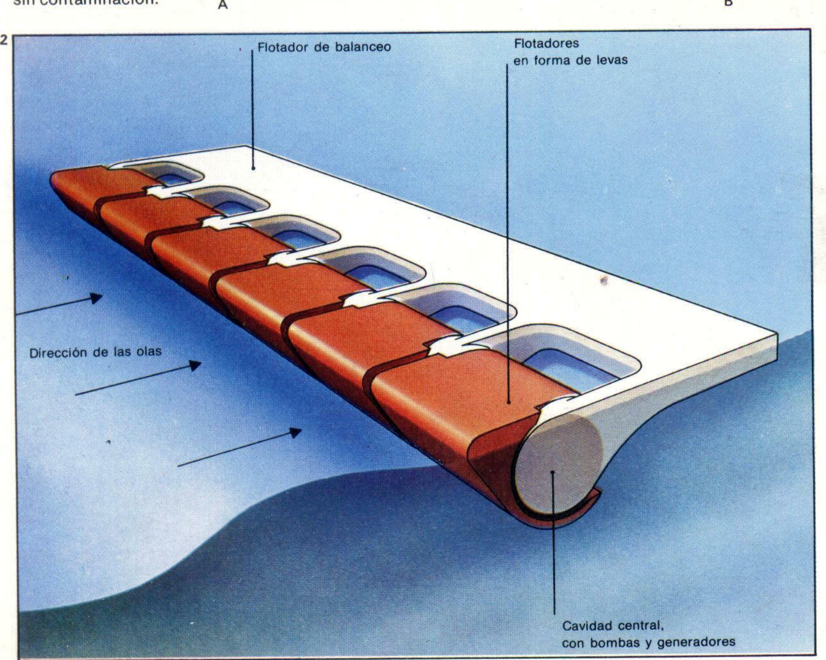
Por desgracia, los períodos de flujo y de reflujo no siempre coinciden con las horas de demanda máxima de electricidad. Una central mareomotriz puede alcanzar su plena capacidad por la madrugada, cuando precisamente la demanda de electricidad es más baja. Un modo de reducir este problema consiste en dividir el embalse en dos partes: un embalse alto, que se llena entre la marea media y la marea alta, y un embalse bajo, que se vacía entre la marea media y la marea baja. Si se elige convenientemente el emplazamiento de la instalación, puede llegar a mantenerse una diferencia de nivel continua.

REFERENCIAS

Véase también
30 Barcos de vela
34 Aerodeslizadores e hidroalas
94 Construcción de presas
24 Ahorrando combustible y energía

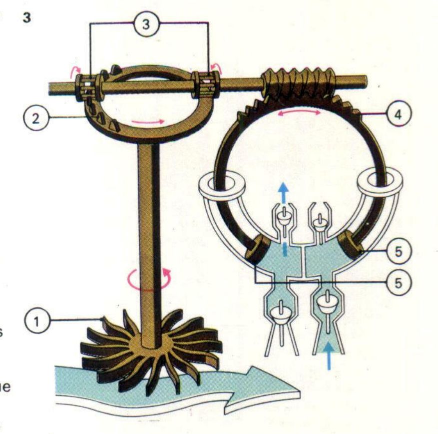


1 Los dos tipos básicos de ruedas hidráulicas se llaman de impulsión por arriba [A] e impulsión por debajo [B]. En una rueda del primer tipo, una corriente de agua en rápido movimiento es dirigida sobre la parte superior de la rueda, la cual gira hacia delante. Las paletas de una rueda de impulsión por debajo están sumergidas en el agua, de modo que la rueda gira hacia atrás. En ambos tipos de ruedas hidráulicas, la energía del agua que fluye se convierte en energía de rotación. Ésta puede usarse para mover diversas máquinas, como bombas o molinos para moler grano. La energía hidráulica puede ser incluso aprovechada para mover un alternador para así generar electricidad, sin contaminación.



2 El continuo oleaje del mar es una vasta y todavía no explotada fuente de energía. Cuando una ola pasa por un punto, el agua no se desplaza en él: sólo hay un movimiento hacia arriba y hacia abajo, no lateralmente. Esto puede ser confirmado observando un corcho u otro objeto ligero flotando en un estanque. Cuando pasa una ola por el lugar en que está, el corcho no se mueve por la superficie: sólo asciende y desciende. Este dispositivo a base de flotadores que pueden bascular está diseñado para aprovechar la energía de las olas y así generar electricidad: el movimiento de los flotadores acciona unas bombas, y el agua impulsada por éstas mueve unas turbinas que a su vez accionan unos generadores eléctricos.

3 Esta turbina del siglo XVI empleaba la energía del agua para accionar una bomba de riego. Su rotación [1] hacía girar una rueda [2], dentada sólo en la mitad de su circunferencia. Las ruedas con barras transversales [3] giraban alternativamente en direcciones opuestas, haciendo oscilar la rueda de bombeo [4]. Unas válvulas hacían que los émbolos [5] aspirasen agua en un cilindro mientras la expulsaban del otro.



Otra posibilidad consiste en utilizar el embalse alto como un sistema de almacenamiento de agua que funciona por bombeo. La electricidad necesaria para bombear agua desde el embalse bajo al alto es parte de la generada por centrales convencionales en un período de consumo bajo. Cuando aumenta la demanda, se hace fluir el agua de nuevo hacia abajo, generando así electricidad como en una central hidroeléctrica normal. Tal instalación permite almacenar grandes cantidades de energía.

Aprovechamiento de la energía eólica

El empleo del viento para generar electricidad ha dado resultados satisfactorios. A pesar de la gran cantidad de energía teóricamente aprovechable (muchos países podrían conseguir la mayor parte de la energía eléctrica que necesitan aprovechando sólo una parte de su energía eólica disponible), el problema de hacerlo económicamente no ha sido aún resuelto.

La energía que puede captar un molino de viento [Clave] es proporcional al cubo de la velocidad del viento y al área barrida por las aspas. El rendimiento máximo posible es el 59 %, pero en la práctica difícilmente se podría superar el 45 %. La generación de electricidad a partir del viento podría competir con la producida por medio de energía nuclear en lugares donde la velocidad media del viento supera los 32 km/h. Pero no es fácil encontrar estos lugares, por lo que la energía eólica no puede llegar a generar más que el 1% de la electricidad que se necesita.

Por eso, en la actualidad hay gran interés en aprovechar la energía eólica indirectamente, a través de las olas del mar [2]. Los vientos que soplan sobre una gran extensión de océano originan poderosas olas, que pueden usarse como fuente de energía. El diseño más prometedor, creado por S. H. Salter en la Universidad de Edimburgo, utiliza un flotador que se balancea hacia delante y hacia atrás a medida que llegan a él las olas. Este balanceo acciona unas bombas que conducen un fluido a través de unas turbinas para generar electricidad. La cantidad de energía aprovechable contenida en las olas es grande; además es mayor en invierno, cuando la demanda es más alta. Pero los problemas de construcción y mantenimiento de esas instalaciones son enormes.

CLAVE

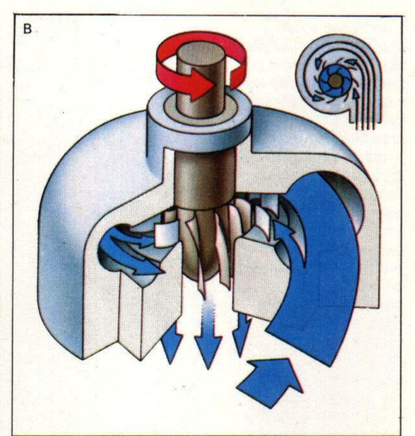


Los molinos de viento se han usado durante muchos siglos para aprovechar la energía eólica. Inicialmente, esta energía se usaba para moler grano —de ahí el nombre *molino*—, pero más adelante los molinos de viento se emplearon también para accionar bombas, particularmente con el fin de desecar las tierras bajas de Holanda y del este de Inglaterra. Algunos molinos primitivos tenían las aspas de lona. Más tarde se construyeron aspas de pizarra con bastidor de madera, como en este molino. Las aspas giran solidarias con la capucha móvil situada en la parte superior del molino, por lo que están siempre de cara al viento. En otro tipo de molino, la estructura pivotaba alrededor de un poste central.

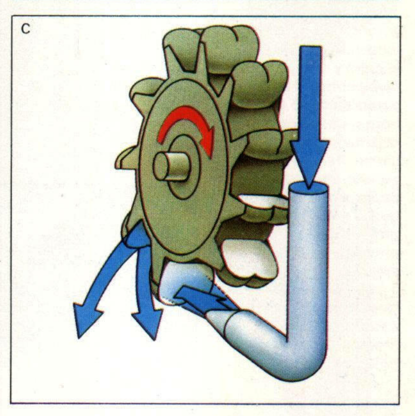
4A



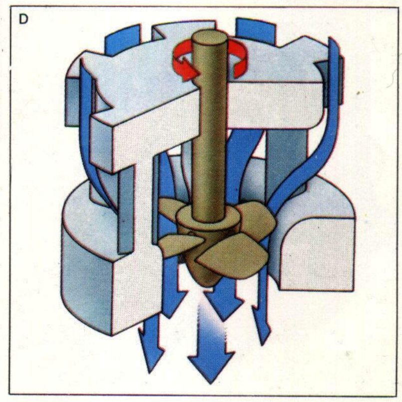
B



C



D



4 La fila de generadores de esta foto se usa en una central hidroeléctrica para convertir en electricidad la energía del agua en movimiento. Cada generador está unido a un dispositivo turbina-bomba, que hace posible la doble función de generar electricidad en las horas punta y bombear agua en sentido inverso al de la corriente del río, devolviéndola a la presa, en las horas de baja demanda de electricidad. Al producir electricidad, las turbinas se desconectan de la bomba correspondiente; y, al bombear agua, cada bomba se conecta a su generador, el cual, al ser conectado a la red de suministro eléctrico, actúa como un motor. Entonces no llega ya agua a las turbinas, y el agua que ha pasado es devuelta de nuevo, bombeándola, a la presa de la que procede. Hay tres tipos de turbina hidráulica. La turbina de reacción Francis [B] tiene unos álabes ajustables que desvían la corriente de agua de modo que ésta incide sobre ellos tangencialmente. En la rueda Pelton o turbina de impulsión [C], el agua pasa por una boquilla produciendo un chorro que incide sobre unas palas situadas en la rueda; la dirección de la corriente entonces se invierte. Las aspas de la turbina de flujo axial Kaplan [D] son inclinadas, parecidas a una hélice de barco.

La energía del Sol y de la Tierra

Gran parte de la energía que el hombre consume procede indirectamente del Sol. El carbón, el petróleo y la hidroelectricidad pueden considerarse formas de energía solar: en el caso del carbón y del petróleo, esa energía está almacenada en restos de plantas y animales muertos hace mucho tiempo, y en el caso de la hulla blanca se encuentra como agua de mar evaporada por el sol, que cae después en forma de lluvia y alimenta las centrales hidráulicas. Sin embargo, hoy se investiga el modo de utilizar directamente la energía solar, ya que el carbón y el petróleo requieren millones de años para generarse, y muchos de los lugares adecuados a producción de energía hidroeléctrica están ya en explotación.

Utilización de la energía solar

Hay muchos sistemas posibles de explotar la energía solar. Ésta puede interceptarse en el espacio con un satélite y ser radiada a la Tierra en forma de radiación concentrada. Podría recogerse en la superficie terrestre mediante colectores semejantes a radiadores de calefacción, pero que trabajarían en sentido inverso, suministrando calefacción a las viviendas o alimentando sistemas de acondicionamiento de aire. Podría transformarse directamente en energía eléctrica mediante células solares parecidas a las empleadas en los satélites. También podría utilizarse para hacer crecer plantas que luego se usarían directamente como combustible o que se convertirían en combustible líquido por una transformación química o empleando microorganismos. Finalmente, podría obtenerse energía aprovechando la diferencia de temperaturas entre el agua de la superficie del mar, expuesta al sol, y el agua de las zonas profundas.

Comparando sistemas

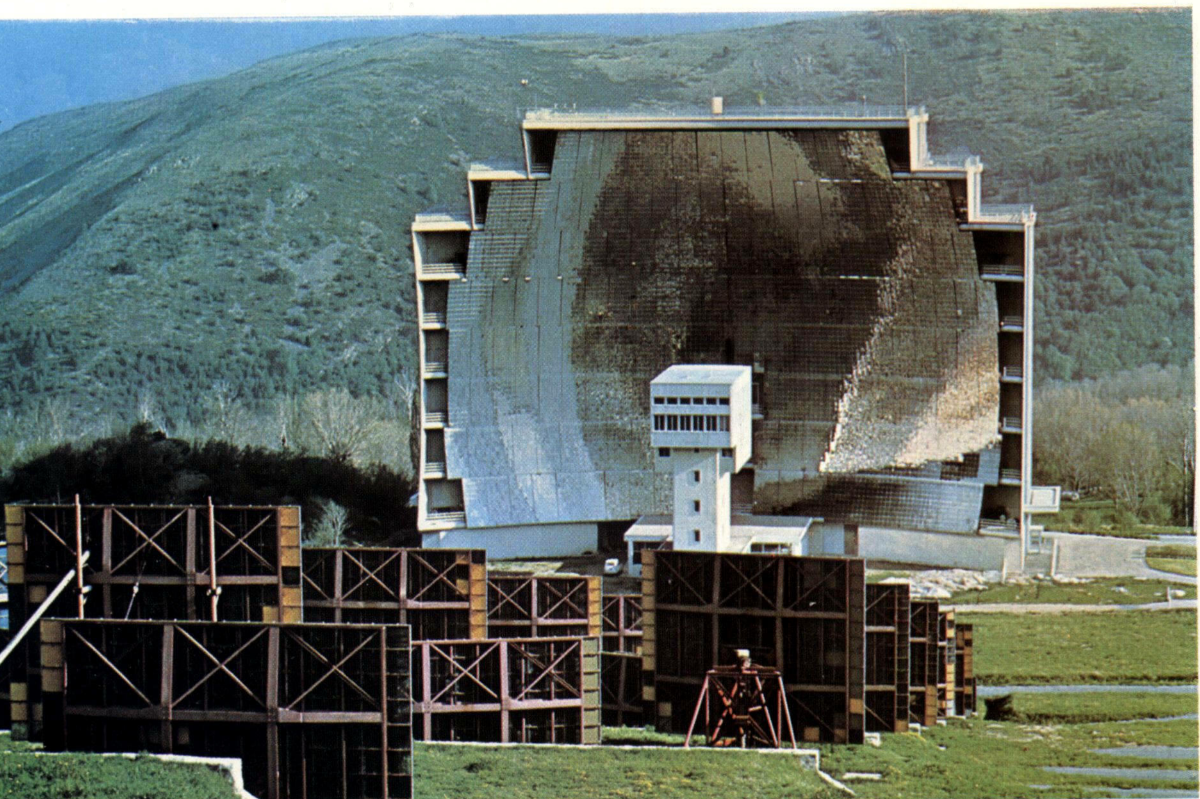
De estas posibilidades, sólo se han usado hasta ahora unos modestos colectores solares: paneles montados en el tejado de un edificio, formando un ángulo con el suelo para obtener la máxima cantidad de radiación solar. Se bombea agua a los paneles, la cual recoge así el calor del Sol. La bomba del agua se controla mediante un termostato, de modo que funciona sólo cuando el colector está varios grados más caliente que el agua del depósito. Aunque la luz del Sol no incide durante todo el día, se estima que un colector solar bien diseñado podría reducir los costes de la calefacción doméstica a la mitad incluso en países septentrionales. En los países más calurosos, las ventajas son muy grandes; por ejemplo, en Israel tales colectores se usan ya ampliamente.

Los sistemas para convertir la energía solar directamente en electricidad son más complicados. Las células solares empleadas por las naves espaciales resultan caras y tienen rendimientos de conversión de sólo el 1% o menos. Se podría generar electricidad cubriendo los tejados con células solares [3], pero para ello sería necesario producir células solares baratas.

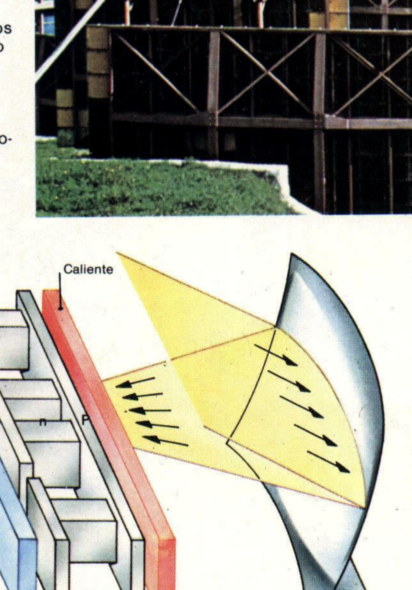
Una posible alternativa consistiría en aprovechar la energía solar usando una red de tuberías transparentes por las que circulase una mezcla de sodio y potasio fundidos. Concentrando los rayos solares mediante reflectores sobre las tuberías, la mezcla se calentaría por encima del punto de ebullición del agua. El metal caliente pasaría entonces por un intercambiador de calor, donde produciría vapor de agua, que podría usarse para generar electricidad. Este sistema, mon-

REFERENCIAS

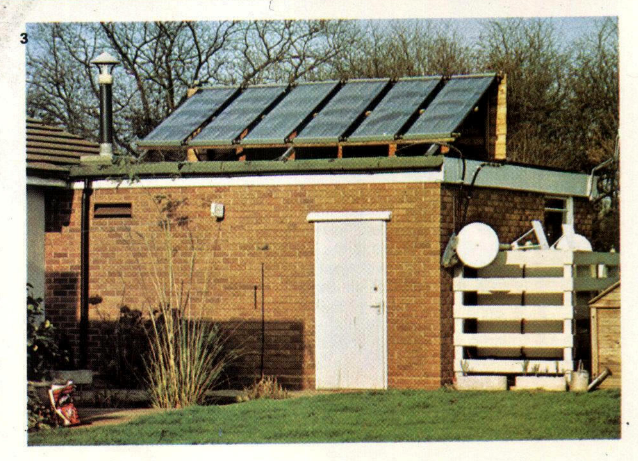
Véase también
12 La energía del viento y del agua
16 Energía nuclear
18 Carbón: producción y usos
20 Petróleo y gas natural
24 Ahorrando combustible y energía



1 **Un horno solar** aprovecha la energía solar enfocándola por medio de grandes lentes o espejos. Este horno de Mont Louis, Francia, crea calor suficiente —más de 3.000° C— para fundir metales. Este calor, que es completamente limpio y no contaminado por gases de combustión, podría concentrarse en una caldera para producir vapor para la calefacción doméstica o para mover una turbina y generar electricidad. Generalmente se dispone un conjunto de espejos planos móviles, que siguen automáticamente el recorrido del Sol en el cielo y reflejan sus rayos sobre el espejo parabólico fijo del horno. Los espejos rastreadores se llaman *helióstatos* y pueden ser accionados por un motor eléctrico que los mueve girándolos 15 minutos de arco de meridiano cada hora. También puede controlarse el ángulo de cada helióstato mediante una fotocélula o un termopar.



2 **En un tipo de célula** solar, el calor del Sol es enfocado sobre una superficie revestida por un termopar formado por semiconductores (una serie de uniones p-n) que convierten el calor en electricidad.



3 **Colectores solares** como el que aparece sobre este tejado suministran energía para la calefacción y para calentar el agua. Estos colectores son hojas de metal pintadas de negro y transfieren el calor al aire o al agua que circula bajo ellas.

tado en una zona del desierto, requeriría una gran extensión de terreno —de 50 a 200 km^2 por cada 1.000 megawatios de electricidad producidos—, por lo que se habrá de diferir su introducción hasta dentro de unos años.

La otra posibilidad es aprovechar la diferencia de temperaturas entre el agua superficial del océano y el agua profunda. A menudo hay una diferencia de hasta 15° C entre ambas. Las grandes cantidades de calor solar almacenadas en el mar podrían emplearse aprovechando esta diferencia. Pero el rendimiento sería únicamente del 5 %.

Energía de la Tierra

Los volcanes son una clara prueba de la energía almacenada dentro de la Tierra. El calor geotérmico es producido continuamente por la lenta desintegración de los elementos radiactivos que se hallan en las profundidades de nuestro planeta.

En algunos lugares de la superficie terrestre, este calor escapa al exterior, tanto en forma de volcanes como de manantiales calientes y géiseres [Clave]. El primer intento de usar el calor geotérmico [5] tuvo lugar en Larderello (Italia), donde el vapor natural se emplea ya en generar electricidad. También hay plantas geotérmicas en Islandia, Japón, Nueva Zelanda, Unión Soviética y Estados Unidos.

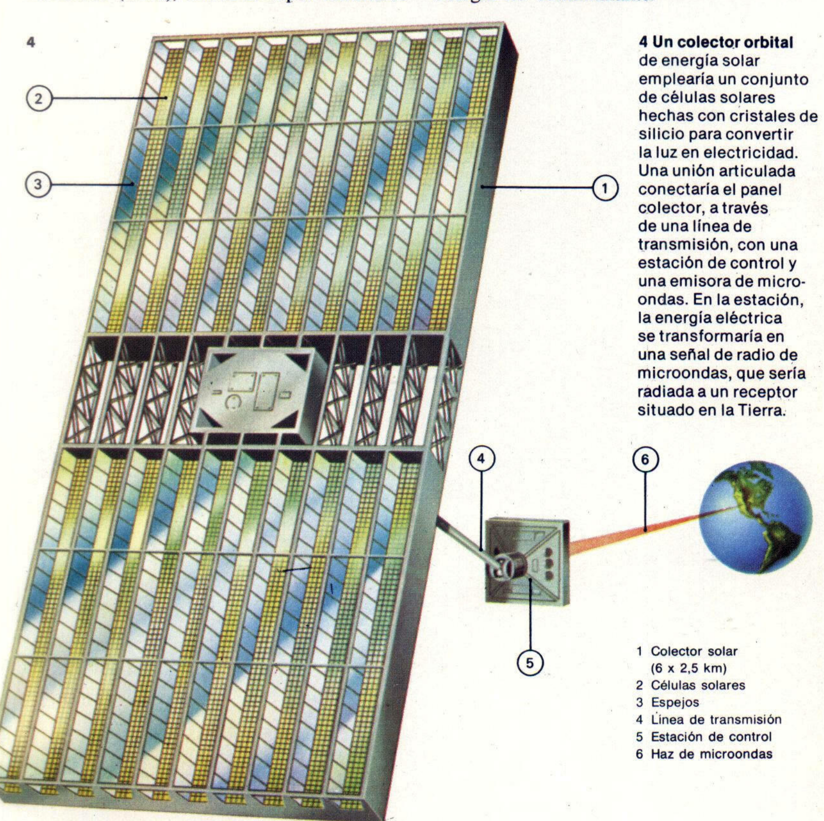
Son pocos los lugares donde surgen manantiales de agua salina caliente o de vapor. Si se perfora un orificio en la superficie terrestre, aumenta el calor a medida que se profundiza, pero la proporción en la que sube la temperatura —o sea, el gradiente de temperatura— varía ampliamente de un lugar a otro. En lugares con un notable gradiente de temperatura podría extraerse calor perforando orificios, barrenando las rocas del fondo y haciendo circular agua por el orificio para así transformarla en vapor y luego usar éste para generar electricidad. En el laboratorio de Los Álamos se están haciendo experimentos sobre este sistema [6]. Un volumen de 520 km^3 de roca subterránea, varios cientos de grados más caliente que las rocas de la superficie, contiene tanta energía como la que usa el mundo en un año. Si pudiera extraerse sólo una pequeña fracción de esta energía, las centrales geotérmicas podrían suministrar enormes cantidades de energía no contaminante.

CLAVE



Los géiseres arrojan vapor y agua muy caliente al exterior. Abundan en regiones con volcanes activos o que estuvieron activos recientemente, como en Islandia, Wyoming (EE.UU.) y, en la foto, Nueva Zelanda. Su agua caliente puede usarse como fuente de energía.

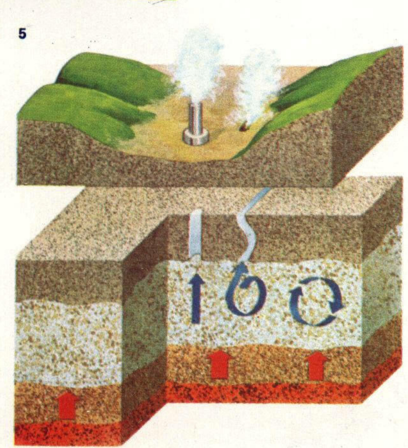
4



4 Un colector orbital de energía solar emplearía un conjunto de células solares hechas con cristales de silicio para convertir la luz en electricidad. Una unión articulada conectaría el panel colector, a través de una línea de transmisión, con una estación de control y una emisora de microondas. En la estación, la energía eléctrica se transformaría en una señal de radio de microondas, que sería radiada a un receptor situado en la Tierra.

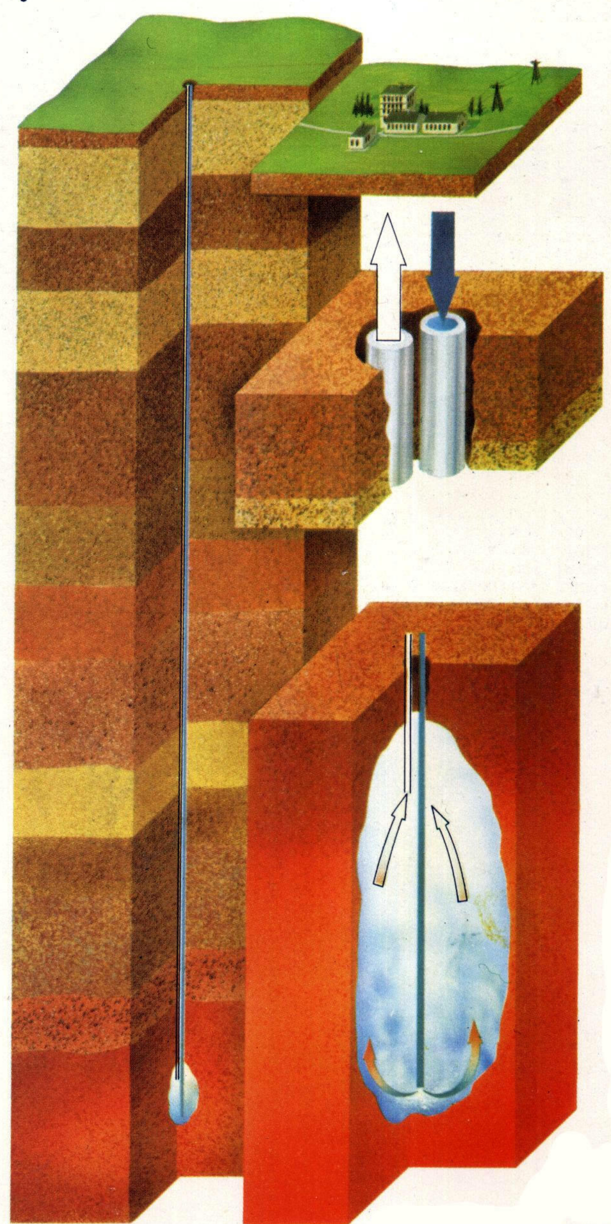
1 Colector solar (6 x 2,5 km)
2 Células solares
3 Espejos
4 Línea de transmisión
5 Estación de control
6 Haz de microondas

5



5 La energía geotérmica (el calor de las zonas profundas de la Tierra) puede ~~dar lugar a~~ manantiales calientes cuando bajo tierra se acumula agua de modo natural. Un orificio que llegue hasta esa agua podría suministrar agua caliente para la calefacción industrial o doméstica. Una ciudad entera situada sobre un campo geotérmico podría obtener por este medio la mayor parte de su calefacción, y ya se han ensayado sistemas geotérmicos en países escandinavos, en URSS y en EE.UU.

6



6 Un manantial caliente artificial puede usarse como fuente de calor, como en el experimento de Los Álamos. Se insertan dos conductos de varios cientos de metros de longitud hasta una cavidad natural en la que la temperatura sea del orden de 300° C. Bombeando agua al interior de la cavidad, se calienta; luego, es recogida por el otro conducto y, al llegar a la superficie, pasa por un intercambiador de calor que actúa como un radiador de coche: transfiere su calor a una corriente de aire.

La energía nuclear

La energía nuclear resulta de la liberación controlada de la energía más concentrada que el hombre conoce: la energía del núcleo atómico. Cuando el núcleo de un átomo pesado se escinde en dos, en un proceso llamado *fisión*, se libera una prodigiosa cantidad de energía: bruscamente en una bomba atómica y de manera controlada en un reactor nuclear, cuya energía se emplea para producir vapor y así generar electricidad.

El único elemento natural capaz de realizar una fisión espontánea es el uranio. El mineral de uranio es principalmente una mezcla de dos isótopos, uranio-235 y uranio-238, y sólo en el primero puede ocurrir espontáneamente una fisión. (Los isótopos son variedades de un elemento con masas diferentes, pero idénticas propiedades químicas.) En el mineral, la cantidad de U-235 no pasa del 0,7 % del uranio presente. Esta proporción se incrementa mediante un proceso de *enriquecimiento*, obteniéndose una mezcla de isótopos con un 90 % de U-235.

El combustible de los reactores nucleares es encerrado en recipientes herméticos para que ni aquél ni los nocivos productos de la fisión puedan escapar. Los recipientes suelen disponerse verticalmente, de modo que el agua o un gas puedan fluir entre ellos y absorber el calor producido por la fisión. El refrigerante se extrae y se emplea para producir vapor, que a su vez genera electricidad mediante turbinas y generadores.

Reacciones en cadena controladas

Pero la mayoría de los reactores necesitan algo más que combustible y refrigerante. La fisión de un núcleo de U-235 es desencadenada por un neutrón, que incide sobre el núcleo y lo divide en dos. En este proceso de división se producen dos o tres nuevos neutrones, que escapan del núcleo y chocan con otros núcleos de U-235, que también se desintegran. Tal proceso se multiplica con rapidez, y da lugar a una *reacción en cadena.*

Un reactor nuclear [1] debe diseñarse de tal modo que, de los neutrones producidos por cada fisión, sólo uno pueda provocar una segunda fisión. Sólo así trabajará el reactor de manera estable. Si más de un neutrón procedente de cada fisión provoca una segunda fisión, por término medio el reactor se acelerará, convirtiéndose en una bomba atómica, y si es menos de uno, el reactor irá perdiendo potencia hasta detenerse. Los neutrones producidos por cada fisión viajan a enorme velocidad —a unos 16.000 km/s— y tienden a escapar del reactor sin llegar a producir una segunda fisión. Para que ocurra una reacción en cadena, estos neutrones deben ser desacelerados, mediante un material llamado *moderador.* Así aumentan las posibilidades de que choquen con otro núcleo de U-235 y provoquen otra fisión.

Los moderadores son sustancias formadas por átomos ligeros que desaceleran los neutrones haciéndoles sufrir una serie de colisiones. Se suelen emplear tres tipos de moderadores: agua, grafito y agua pesada (agua ordinaria en la que los átomos de hidrógeno están sustituidos por átomos de hidrógeno pesado o deuterio).

Seguridad y reabastecimiento

El reactor se controla mediante *barras de control*, que absorben neutrones y que pueden ser desplazadas hacia el interior o el exterior del reactor. Si se desplazan hacia el exterior, el número de neutrones absorbidos disminuye, de modo que son más los que pueden producir fisiones y la velocidad de la

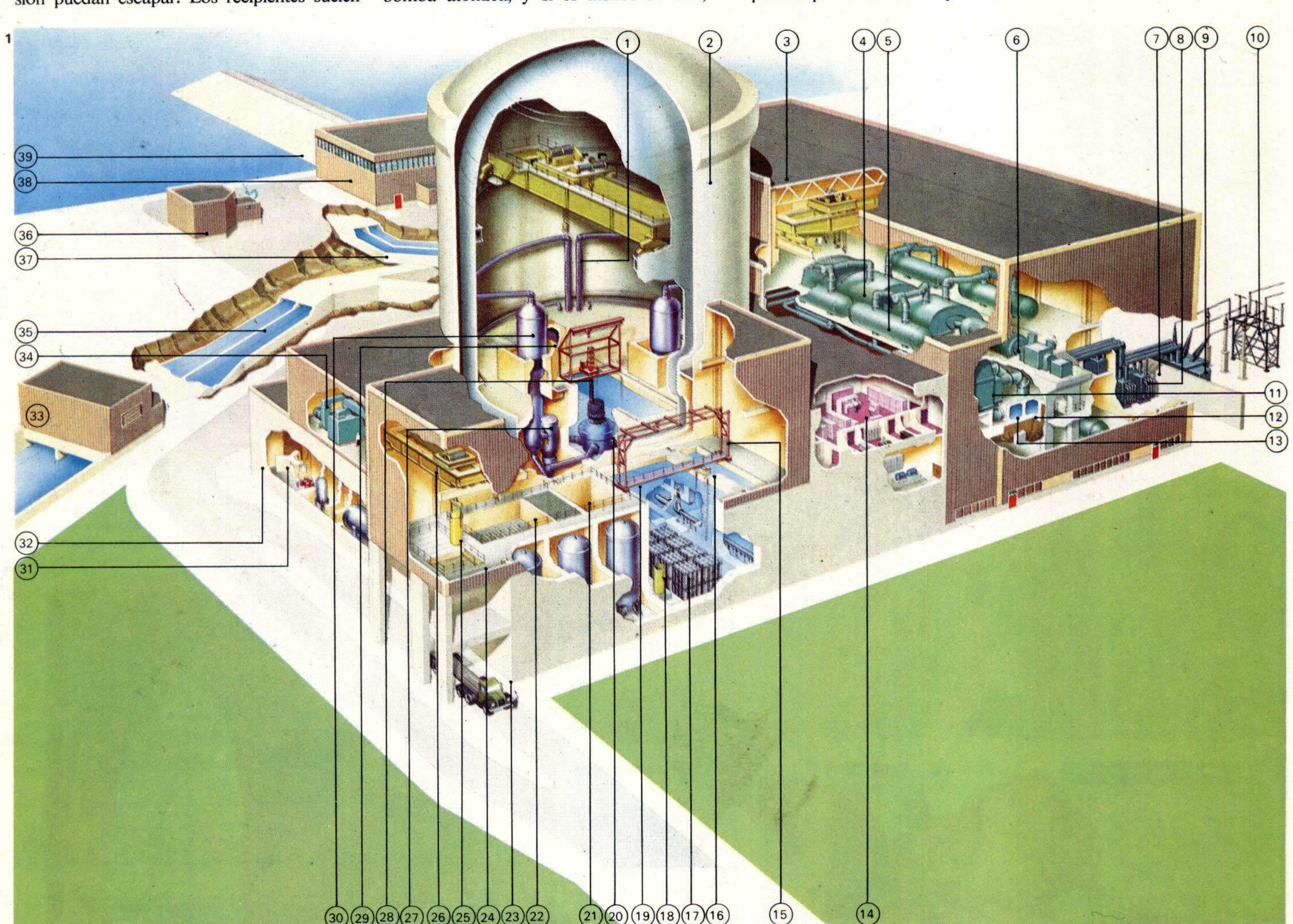
REFERENCIAS

Véase también

174 Armas nucleares, químicas y biológicas

24 Ahorrando combustible y energía

162 Artillería moderna



1 Un reactor nuclear genera electricidad empleando el calor producido por la fisión controlada de átomos de uranio o de otros elementos similares. El calor se usa para producir vapor a alta presión, el cual mueve unas turbinas que a su vez accionan un generador. Para transferir el calor desde el reactor hasta el intercambiador de calor, se usa sodio líquido o, como este reactor de Ko-Ri (Corea del Sur), agua a elevada presión. Las partes de esta compleja instalación son: [1] tuberías de agua a presión; [2] edificio del reactor; [3] edificio de la turbina; [4] turbina de alta presión; [5] turbina de baja presión; [6] generador; [7] blindaje; [8] transformadores; [9] transformador principal; [10] distribuidor; [11] salida del agua de refrigeración; [12] condensador; [13] entrada del agua de refrigeración; [14] sala de control; [15] paso del combustible consumido; [16] elevador de combustible; [17] almacenamiento del combustible consumido; [18] recipiente con combustible consumido; [19] carga de dicho recipiente; [20] reactor; [21] fosa de descontaminación; [22] almacén de combustible; [23] entrada para la carga de combustible; [24] escotilla para la manipulación del mismo; [25] recipiente con combustible consumido; [26] grúa para el combustible; [27] bomba del refrigerante del reactor; [28] puente de repostaje; [29] compresor; [30] generador de vapor; [31] almacén de recipientes; [32] área de carga de los recipientes de desechos; [33] descarga del agua de refrigeración; [34] ventilación auxiliar; [35] agua de refrigeración procedente de las turbinas; [36] sala de bombas de agua de mar (refrigerante); [37] agua refrigerante hacia las turbinas; [38] sala de la bomba de agua refrigerante; [39] túnel de entrada del agua del mar.

MARAVILLAS DEL MUNDO

Con las páginas posteriores de los fascículos de la Enciclopedia Visual Salvat podrá formar un interesante libro titulado MARAVILLAS DEL MUNDO.

El Taj-Mahal, las Cataratas del Niágara, el Valle de los Reyes, la Gran Muralla, el Kilimanjaro, Machupicchu, el Teide, etc.

A lo largo de más de 250 páginas podrá efectuar el más atractivo viaje cultural a través de las grandes maravillas de la Naturaleza y las más fantásticas obras realizadas por el hombre.

